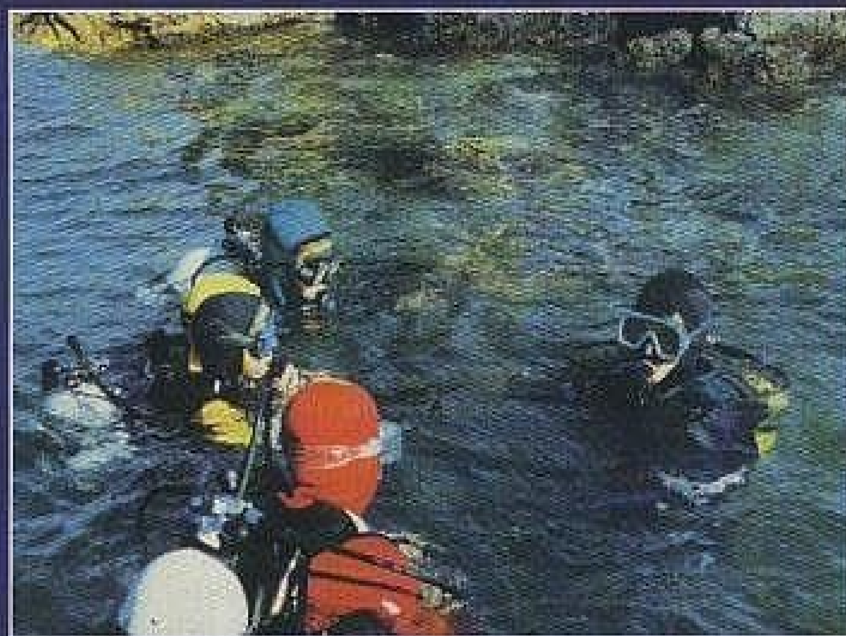
MANUALUL SCAFANDRULUI

Mircea DEGERATU
Aron PETRU
Sergiu IONIȚĂ



PER OMNES ARTES

Mircea Degeratu Aron Petru Sergiu Ioniță

MANUALUL SCAFANDRULUI

Omul va pătrunde în mare, el nu mai are de ales

Jacques-Yves COUSTEAU

PER OMNES ARTES
Bucureşti – 1999

Societatea de Cercetări, Explorări, Filmări, Agrement şi Sporturi Subacvatice (SCEFASS) este o organizaţie nonprofit constituită în vederea organizării de programe cu scop de cercetare sau sportiv şi desfăşurarea de activităţi subacvatice, precum şi pregătirea şi brevetarea de viitori scafandri, la diferite niveluri, prin şcoala de scafandrii pe care a organizat-o.

Urmărind realizarea ţelurilor pe care şi le-a propus şi beneficiind de o bază materială şi umană corespunzătoare, SCEFASS s-a implicat într-o serie de activităţi cu scop de explorare şi cercetare, participând la numeroase programe naţionale şi internaţionale, dintre care pot fi remarcate: Programul ecologic internaţional Dunăre-Marea Neagră coordonat, pentru partea română, de Ministerul Mediului şi care a beneficiat de participarea directă a celebrului comandant *Jacques-Yves Cousteau,* Programul de reamenajare a râului Dâmboviţa în Bucureşti, dirijat de Regia Apele Române şi Programul de cercetare aferent construirii de locatoare şi detectoare de metale sub coordonarea Institutului de Cercetări pentru Telecomunicaţii.

Totodată, SCEFASS şi-a propus, ca scop permanent, înlesnirea din punct de vedere financiar a publicării de lucrări privind pătrunderea şi lucrul omului sub apă în vederea acoperirii golurilor care există în literatura de specialitate din România pentru acest domeniu complex.

Având în vedere specificul activităţilor desfăşurate de SCEFASS, în special preocuparea acestei societăţi pentru instruirea scafandrilor, necesitatea imperioasă a acoperirii cu material scris a cursurilor de învăţare a scufundării şi a tehnicilor aferente activităţilor subacvatice, ţinând cont de valoarea teoretică şi practică a conţinutului prezentei lucrări şi de profesionalismul recunoscut al autorilor şi considerând că lucrarea constituie, printre altele un instrument util pus la dispoziţia tututor scafandrilor şi specialiştilor din domeniu, SCEFASS a sprijinit din punct de vedere financiar apariţia Manualului Scafandrului la o editură specializată, PER OMNES ARTES - Editura pentru Ştiinţă şi Educaţie.

Denis Chiurtu
Preşedinte SCEFASS

Prefaţã

Dezvoltarea fãrã precedent a activitãţilor legate de pãtrundera omului sub apã presupune instruirea unui numãr tot mai mare de scafandri, în special în tehnica scufundãrii autonome. Deoarece marea majoritate a aplicaţiilor pentru scufundarea autonomã se desfãşoarã la adâncimi de pânâ la 60 metri, primele niveluri de instruire trebuie să asigure scafandrilor o pregătire temeinică în domeniul scufundării cu aparate autonome de respirat sub apă cu circuit deschis utilizând ca amestec gazos respirator, aerul.

Instruirea scafandrilor pentru scufundarea autonomă trebuie să cuprindă atât o foarte bună pregătire teoretică privind cunoaşterea echipamentului, a elementelor de fizica şi fiziologia scufundării, a utilizării tabelelor de decompresie, a accidentelor de scufundare, a regulilor de planificare şi a elementelor specifice diferitelor tipuri de scufundări cât şi o susţinută pregătire practică.Toate activităţile de formare şi perfecţionare a scafandrilor amatori sau profesionişti, civili sau militari, sunt efectuate numai într-un cadru organizat, în şcoli specializate, după un program riguros, sub îndrumarea şi supravegherea unor instructori autorizaţi.

Având în vedere cele de mai sus, autorii şi-au propus elaborarea acestei cărţi care să vină în ajutorul personalului specializat din şcolile de scafandri profesionişti şi din cluburile, asociaţiile şi societăţile cu program de formare a scafandrilor amatori. Prezenta lucrare, prin structura ei, se constituie într-un manual care poate sta la baza întocmirii programelor de instruire a scafandrilor, asigurând în acelaşi timp baza de cunoştinţe necesare pregătirii teoretice. Totodată, prin conţinutul său, cartea reprezintă şi un îndrumar complex pentru toţi scafandrii indiferent de nivelul lor de pregătire, permiţându-le să efectueze o planificare optimă a scufundării cu evitarea riscurilor de apariţie a accidentelor de scufundare, dar şi să le identifice şi să ia măsurile cuvenite în cazul în care, din diferite motive, aceste accidente apar.

Lucrarea de faţă este organizată pe opt capitole, grupate în trei părţi.

Partea I (capitolele 1şi 2) are drept scop prezentarea echipamentelor şi instrumentelor de scufundare, precum şi a accesoriilor acestora, partea II-a (capitolele 3, 4, 5 şi 6) cuprinde elemente de fizica şi fiziologia scufundării, îndrumări pentru utilizarea tabelelor de decompresie şi elemente privind accidentele de scufundare, iar partea III-a (capitolele 7 şi 8) este consacrată planificării scufundării şi prezentării tipurilor de scufundări, scopurilor acestora şi activităţilor ce pot fi desfăşurate sub apă.

Capitolul 1 este destinat prezentării echipamentelor utilizate atât pentru scufundarea liberă cât şi pentru scufundarea autonomă. Pentru fiecare element de echipament sunt prezentate diferitele tipuri fabricate, criteriile de alegere funcţie de tipul scufundării, precum şi modalităţile de utilizare şi întreţinere. În finalul acestui prim capitol sunt expuse aspectele principale privind scufundarea

liberă (în apnee), insistându-se asupra regulilor de echipare a scufundătorului şi asupra procedeelor utilizate.

Capitolul 2 este consacrat prezentării ecahipamentelor de scufundare utilizate exclusiv în scufundarea autonomă cu aer. În acest capitol, se insistă asupra aparatelor de respirat sub apă cu circuit deschis, prezentându-se în detaliu principalele elemente componente. Pentru fiecare dintre elementele principale ce compun aparatul (butelie, detentor) se prezintă tipurile constructive, criteriile de alegere, metodele de verificare, tehnicile de utilizare şi modalităţile de întreţinere . De asemenea, mai sunt prezentate instrumente pentru scufundare şi accesorii ale echipamentului autonom, iar în finalul acestui capitol sunt expuse elemente privind echiparea şi procedeele de scufundare specifice scafandrului autonom cu aer comprimat.

În capitolul 3 sunt expuse elemente generale de fizică aplicată la scufundarea autonomă, insistându-se asupra presiunii hidrostratice, amestecurilor de gaze, dizolvării şi degajării gazelor, flotabilităţii corpurilor, pătrunderii luminii şi propagării sunetelor şi ultrasunetelor în mediul acvatic. Pentru fiecare din aceste fenomene fizice se fac particularizări atât privind modul în care ele descriu anumite aspecte ale fenomenelor complexe care guvernează pătrunderea omului sub apă, căt şi privind proprietăţile fizice ale mediului acvatic în care se efectuează scufundarea.

Capitolul 4 îşi propune să prezinte elemente generale de fiziologia scufundării, utile înţelegerii cât mai corecte a efectelor mediului acvatic asupra organismului uman. Sunt prezentate efectele mecanice, biofizice şi biochimice ale presiunii, precum şi elemente generale privind vederea sub apă şi efectele expunerii scafandrului la frig.

Capitolul 5 se referă la descrierea tabelelor de decompresie, la alegerea acestora în cazul în care se impune folosirea lor, precum şi la modul de utilizare cu calculele aferente. După definirea unor noţiuni utile folosirii tabelelor, a curbelor limită pentru efectuarea de scufundări în securitate şi a scufundărilor succesive, se prezintă componenţa şi modul de folosire a tabelelor de decompresie cu aer pentru scufundări până la adâncimea de 60 m precum şi a tabelelor de decompresie cu aer pentru scufundări la altitudine.

În capitolul 6 sunt abordate accidentele de scufundare, pornind de la ideea că pentru a le preveni este necesară o cunoaştere cât mai în detaliu a acestora. Astfel, sunt abordate accidentele fizico-mecanice (barotraumatismele), accidentele biofizice (de decompresie), accidentele biochimice (toxice), precum şi alte accidente specifice scufundării (hipotermia şi înecul). Tot în acest capitol sunt prezentate accidentele scufundării libere, în apnee, iar în final sunt trecute în revistă contraindicaţiile medicale pentru activitatea de scufundare.

Capitolul 7 este destinat prezentării măsurilor generale de asigurare a unor scufundări în siguranţă şi planificării corespunzătoare a acestora. Sunt prezentate modalităţile de asigurare a cunoştinţelor specifice, a condiţiei fizice şi psihice a scafandrului şi a alimentaţiei proprii activităţilor subacvatice. Tot în acest capitol sunt expuse elemente generale privind planificarea optimă, în vederea efectuării unor scufundări bine organizate cu maximă securitate, insistându-se asupra calculului autonomiei sub apă corelat cu utilizarea tabelelor

de decompersie, după o metodă originală.

În capitolul 8 sunt prezentate cele mai importante tipuri de scufundări, scopurile urmărite în timpul imersiei şi activităţile subacvatice desfăşurate sub apă. Astfel, în cadrul tipurilor de scufundări, sunt prezentate scufundările în mare, în apă dulce, în peşteri, sub gheaţă, de zi şi de noapte. În privinţa scopurilor urmărite, sunt prezentate cercetarea de epave, căutarea de tezaure submarine, cercetările de arheologie, biologie, ecologie şi geologie subacvatică şi efectuarea de inspecţii şi lucrări subacvatice cu scop tehnic. Dintre diversele activităţi subacvatice, sunt expuse pe scurt fotografierea, filmarea, înregistrarea video şi cartografierea.

Manualul mai conţine, la sfârşit, 15 anexe utile, strâns corelate cu cele 8 capitole ale lucrarii, ceea ce face din acest manual nu numai o carte utilizată pentru scufundări, ci şi o carte cu utilitate practică în planificarea şi efectuarea scufundărilor în condiţii de siguranţă precum şi în desfăşurarea activităţilor auxiliare aferente pătrunderii omului sub apă. Astfel, anexele 1 ... 7 conţin tabelele de decompresie cu aer pentru expuneri normale şi pentru scufundări la altitudine. Anexa 8 cuprinde tabele privind posibilităţile de zbor cu avionul sau elicoperul după efectuarea scufundării.

Anexele 9 ... 14 prezintă sintetic, pentru fiecare din accidentele scufundării cu aer comprimat, cauzele, simptomele, măsurile şi modalităţile de prevenire ale acestor accidente. Anexa 15 cuprinde adrese utile ale unor instituţii având în dotare barocamere. Prin tematica abordată, Manualul Scafandrului şi-a propus să acopere un gol ce există în literatura tehnică din ţara noastră din domeniul pătrunderii şi lucrului omului sub apă. În vederea realizării acestui deziderat, Manualul a fost astfel conceput şi organizat încât să se constituie într-o lucrare unică, care să stea la baza unor programe coerente şi unitare de instruire a scafandrilor din România şi a efectuării de activităţi subacvatice.

Prezentul manual, primul de acest gen publicat în România, este destinat, în primul rând, scufundătorilor în apnee şi scafandrilor amatori sau profesionişti care utilizează aparate autonome de respirat sub apă, cu aer comprimat.

De asemenea, prin forma care a fost structurată şi evaluată, cartea se adresează tuturor membrilor organizaţiilor specializate în instruirea, examinarea, brevetarea şi testarea periodică a scafandrilor, în efectuarea de activităţi subacvatice şi în realizarea de lucrări submarine cu scafandri autonomi (şcoli de scafandri, cluburi şi asociaţii de scufundare sportivă, societăţi comerciale sau diverse firme de expertiză şi intervenţii subacvatice).

În egală măsură, Manualul se adresează unei largi categorii de specialişti care îşi desfăşoară activitatea în domeniul pătrunderii omului sub apă şi anume inginerilor, medicilor şi tehnicienilor care fac parte din echipele de elaborare a tehnologiilor de scufundare, de planificare a activităţilor subacvatice, sau de asistare a scafandrilor de la suprafaţă. Totodată, lucrarea se doreşte a fi utilă personalului tehnic din Marina Civilă, ofiţerilor şi maiştrilor din Marina Militară, cercetătorilor din domeniul oceanologiei, precum şi cadrelor didactice şi studenţilor din facultăţile aparţinând institutelor de învăţământ superior cu profil de marină, din facultăţile cu profil hidroenergetic şi hidrotehnic, precum şi din facultăţile de biologie, geologie şi geografie care au preocupări în domeniul

cercetărilor subacvatice şi al protecţiei mediului înconjurător. Nu în ultimul rând, manualul poate prezenta interes şi pentru cei care practică ocazional scufundarea sau care sunt atraşi de activitatea de scufundare sportivă şi profesională, precum şi pentru toţi cei care iubesc natura şi sunt interesaţi în dobândirea de cunoştinţe privind cucerirea spaţiului subacvatic.

Lucrarea de faţă urmează unei alte lucrări din domeniu, intitulată "Ghidul scafandrului autonom", elaborată de aceiaşi autori şi publicată la Editura Olimp-Press în anul 1992, aceste două lucrări completându-se reciproc.

Trebuie menţionat, de asemenea, faptul că, pentru toate capitolele lucrării, autorii au urmărit, pe cât a fost posibil, respectarea terminologiei din domeniul tehnicilor de pătrundere şi lucru sub apă impuse, de-o manieră riguroasă, prin cartea "Scafandri şi vehicule subacvatice" aparută la Editura Ştiinţifică şi Enciclopedică în anul 1986, în seria "Mici enciclopedii şi dicţionare ilustrate" având ca autori pe Dumitru Dinu şi Constantin Vlad.

Autorii ţin să aducă mulţumiri în mod special cercetătorilor şi scafandrilor Laboratorului Hiperbar de pe lângă Centrul de Scafandri Constanţa pentru activitatea de elaborare şi testare a tabelelor de decompresie cu aer LH-82 incluse în această lucrare.

Totodată, autorii mulțumesc membrilor colectivului Editurii PER OMNES ARTES - Editurã pentru Ştiință şi Educație care, prin profesionalismul lor, au adus o contribuție importantă la publicarea acestui Manual în cele mai bune condiții.

Autorii

Cuprins

ANEXE

Partea întâi

ECHIPAMENTUL INDIVIDUAL FOLOSIT ÎN SCUFUNDARE

1. ECHIPAMENTUL UTILIZAT ÎN SCUFUNDAREA LIBERÃ ŞI ÎN SCUFUNDAREA AUTONOMÃ CU AER COMPRIMAT

Cu un echipament de scufundare corespunzător, orice persoană instruită în scufundare poate pătrunde, în condiții de confort şi siguranță, în mediul acvatic. Un echipament de scufundare adecvat oferă posibilitatea unei vederi corespunzătoare, unei mişcări eficiente şi unei respirații confortabile în mediul acvatic, schimbând un mediu străin, câteodată ostil, într-unul plăcut şi permițând desfăşurarea unor activități subacvatice variate.

Adepții scufundării sunt din ce în ce mai mulți. Atraşi de o lume în întregime nouă, bogată în culori şi populată de viețuitoare în general nepericuloase, aceştia descoperă senzațiile specifice imponderabilității cunoscute doar de astronauți. Muțumită unei bune instruiri practice şi teoretice a scufundătorilor, precum şi alegerii şi întreținerii corecte a echipamentului de scufundare, activitățile legate de pătrunderea omului sub apă, deşi potențial periculoase, fac puține victime.

Acest capitol îşi propune prezentarea principalelor elemente componente ale echipamentului de scufundare individual, comune atât scufundării libere cât şi scufundării cu aer comprimat, insistând asupra criteriilor de alegere, folosirii şi întreținerii acestora. Trebuie menționat faptul că în cadrul acestui capitol sunt expuse doar tipurile principale de componente de echipament şi nu variantele constructive ale acestora care sunt într-un număr extrem de mare şi care se găsesc prezentate în cataloagele firmelor specializate în producerea de echipamente de scufundare.

Încă de la începuturile pătrunderii omului sub apă şi ale activităților de scufundare, problemele majore pe care le-au întâmpinat scafandrii au fost cele legate de vizibilitatea şi mişcarea sub apă. Pentru rezolvarea acestora, au fost concepute şi realizate elemente de echipament (vizor, labe de înot şi tub de respirat), care să ofere o vedere subacvatică corespunzătoare şi o eficiență crescută la înot. Ulterior, aceste elemente au făcut parte din echipamentul de

bază al scufundătorului în apnee şi ale scafandrului autonom cu aer comprimat.

1.1. Vizorul

În cazul unei scufundări fără vizor, având ochii deschişi sub apă, totul pare voalat, limitat şi greu de distins. Ochiul uman, fiind adaptat la vederea prin mediul gazos (aer), cu densitate mică, nu poate funcționa normal în mediul lichid, mult mai dens, constituit din apă. În scopul rezolvării acestui inconvenient, cea mai simplă şi eficientă soluție pentru asigurarea unei bune vederi sub apă, a constat în realizarea unei perne de aer în fața ochilor. Astfel, scufundătorii de început purtau ochelari de protecție etanşi, cu lentile confecționate din scoici şlefuite. Lentilele ofereau spații cu aer în fața ochilor, dând astfel posibilitatea vederii sub apă. Ochelarii de protecție pot fi întâlniți şi astăzi la înotătorii de performanță însă, cu lentile din sticlă tratată termic şi cu barete elastice. În prezent, acest tip de ochelari nu sunt folosiți nici de scufundătorii liberi şi nici de scafandrii autonomi cu aer comprimat. Dacă totuşi sunt folosiți pentru scufundare, chiar şi numai la câțiva metri adâncime, presiunea crescândă a apei tinde să comprime aerul din ochelari creând un efect de ventuză cu consecințe neplăcute pentru scufundător.

Primul *vizor* destinat scufundării a fost inventat în anul 1865. Acesta avea, în loc de două lentile delimitând două spații cu aer în fața ochilor, o jupă cu un singur geam, mai mare, care acoperea atât ochii cât şi nasul într-un singur spațiu cu aer (Fig. 1.1). Cu acest vizor, scafandrul putea să expire aer pe nas pentru a mări presiunea în interiorul vizorului, egalând-o cu presiunea apei din exterior. Această concepție de realizare, caracteristică primului vizor, a suferit puține modificări de fond din momentul inventării până în prezent.

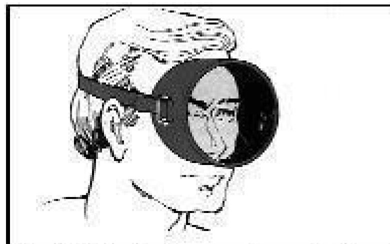


Fig. 1.1. Primul vizor pentru scufundare, model 1865

1.1.1. Alegerea tipului de vizor

Există foarte multe tipuri de vizoare, de diferite forme şi mărimi: cu unul sau cu două geamuri, cu sau fără lentile corectoare,cu sau fără supapă pentru evacuarea apei, cu jupă cu simplă sau dublă etanşare, obişnuite (care acoperă doar ochii şi nasul) sau faciale (care acoperă şi gura), cu vedere frontală sau panoramică (laterală) etc. Important este ca aderența vizorului pe figură să fie bună. De aceea, alegerea vizorului se va face funcție de configurația feței.

Funcție de volumul de aer pe care îl delimitează, vizoarele se pot împărți în două categorii: vizoare cu volum mic şi vizoare cu volum mare. În figura 1.2 sunt prezentate câteva tipuri de vizoare.

Scufundătorul care practică scufundarea liberă (în apnee), având la dispoziție doar aerul din plămâni, are nevoie de un *vizor cu volum mic* (Fig. 1.2, a, b)

datorită faptului că, pentru a compensa presiunea aerului din vizor, acesta nu poate expira pe nas o cantitate mare de aer ce este necesară compensării vizorului cu volum mare. Ținând cont de considerentele de mai sus, totdeauna la un vizor pentru scufundarea liberă, geamul va fi mai apropiat de fața scufundătorului, iar nasul va fi acoperit de o jupă având forma acestuia, prin aceasta spațiul din interiorul vizorului fiind redus la minimum.

Scafandrul care efectuează scufundări autonome cu aer, va putea folosi un *vizor cu volum mare* deoarece acesta, având la dispoziție suficient aer, poate expira în vizor atâta aer cât este necesar pentru compensarea presiunii din vizor până devine egală cu presiunea ambiantă.

Din categoria vizoarelor cu volum mare fac parte şi *vizoarele cu vedere panoramică* sau cu vedere laterală (Fig. 1.2, c), care sunt foarte potrivite pentru scufundarea autonomă cu aparat de respirat cu aer. Cele două geamuri laterale ale vizorului măresc câmpul vizual al scafandrului, asigurând o vedere panoramică. Pentru ambele tipuri de scufundări, liberă şi cu aer comprimat, se poate alege un *vizor de uz general* (Fig. 1.2, d). Acesta delimitează un volum de aer în faţa ochilor nici prea mare, dar nici prea mic, asigurând scufundătorului un câmp vizual mediu.



Fig. 1.2. Vizoare cu volum mic şi cu volum mare.
a. vizor cu volum mic, cu un geam; b. vizor cu volum mic, cu două geamuri; c. vizor cu volum mare, panoramic; d. vizor de uz general

După stabilirea tipului de vizor funcție de natura scufundării (liberă sau cu aparat autonom), pentru ca alegerea vizorului să fie corectă şi în deplină cunoştință de cauză, scufundătorul trebuie să treacă la cercetarea elementelor componente ale vizorului (Fig. 1.3), pe baza recomandărilor prezentate în continuare:

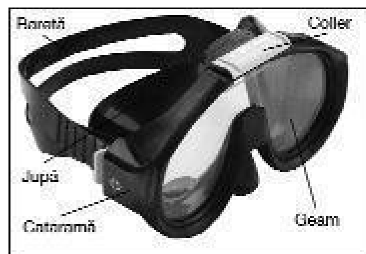


Fig. 1.3 Elementele componente ale unui vizor

• *jupa de etanşare* trebuie să fie din cauciuc sau din silicon. Jupa din cauciuc este destul de durabilă şi se întreține relativ uşor. Jupa din silicon este mai

rezistentă la acțiunea factorilor exteriori, este hipoalergică şi permite unei cantități mai mari de lumină să pătrundă în interiorul vizorului. Nu se recomandă folosirea unui vizor cu jupă din material plastic deoarece aceasta nu asigură o etanşare corespunzătoare la aplicarea pe figură;

• *geamul* trebuie să fie realizat din sticlă specială şi să aibă înscris pe el faptul că a fost tratat termic şi securizat. Nu se recomandă folosirea unui vizor cu un altfel de geam deoarece se poate crăpa, sparge sau zgâria uşor. De asemenea, nu se recomandă folosirea vizorului cu geam din plexiglas deoarece se abureşte foarte uşor;

• *colierul* de fixare a geamului trebuie să fie confecționat din material anticoroziv, cum ar fi materialul plastic sau oțelul inoxidabil şi să fie demontabil pentru a permite înlocuirea geamului în caz de nevoie;

• *bareta* de prindere a vizorului pe cap, trebuie să fie reglabilă cu ajutorul unei catarame şi desfăcută în două, pentru a sta bine fixată pe partea de sus şi de jos a spatelui capului. Nu se recomandă folosirea baretei simple deoarece aceasta se poate mişca uşor, conducând la o fixare nesigură a vizorului pe figură;

• *bosajul* sau sistemul de egalizare a presiunii din urechi (Fig. 1.4) se află în dreptul nasului şi nu trebuie să lipsească de la nici unul din vizoarele utilizate. Acesta permite strângerea nărilor, din exteriorul vizorului, cu mâna în vederea efectuării manevrei Valsalva pentru egalizarea presiunii din urechea medie cu presiunea din mediul acvatic exterior;

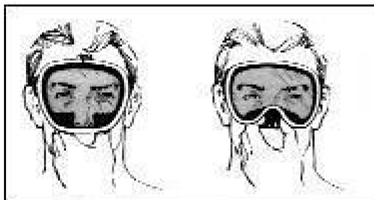


Fig. 1.4. Sistemul de egalizare a presiunii aerului din urechi (bosaje)





Fig. 1.5. Tipuri de supape pentru golirea apei din vizor

• *supapa de golire (vidare)* a vizorului de apa pătrunsă în interior (Fig. 1.5), dacă vizorul este prevăzut cu o astfel de supapă, trebuie să fie cu sens unic (cu deschidere dinspre interiorul vizorului către exterior). Aceasta permite evacuarea în exterior a apei din interiorul vizorului împreună cu aerul expirat pe nas, dar nu permite apei din exterior să intre în vizor. Supapa de golire a vizorului este amplasată în partea inferioară a vizorului, fie în geam, fie în jupă. Cu cât supapa este mai mare, cu atât apa din vizor va fi evacuată mai rapid, evacuarea apei fiind posibilă chiar şi atunci când vizorul este complet inundat. Autorii recomandă totuşi utilizarea unui vizor fără supapă de golire, care poate fi vidat printr-o manevră sigură şi relativ simplă. Supapa de golire este practic inutilă şi poate provoca câteodată surprize dezagreabile.

După alegerea tipului de vizor funcție de natura scufundării şi pe baza

cercetării părților componente, se va trece la încercarea vizorului pe figură pentru a fi sigur că stă etanş. Pentru aceasta, se ține vizorul uşor apăsat fără a se prinde bareta. Apoi, se inspiră puțin aer pe nas. Vizorul trebuie să stea lipit de față, sigur şi confortabil. Se încearcă apoi bareta care se pune pe cap cu o mână, ținând cu cealaltă mână de vizor. Bareta trebuie să fie îndeajuns de strânsă pentru a prinde vizorul în mod corespunzător. O baretă prea puțin strânsă permite apei să intre în vizor, iar una prea mult strânsă poate produce dureri de cap.

1.1.2. Spălarea şi vidarea vizorului

Înainte de a intra în apă, pe geamul vizorului trebuie aplicată o soluție specială împotriva aburirii, urmată de clătirea acestuia. Aburirea geamului are loc datorită condensării vaporilor din aerul umed şi mai cald din interiorul vizorului pe suprafața interioară a geamului aflat în contact cu apa mai rece din exterior. Pentru evitarea aburirii se foloseşte, de obicei, saliva. Dacă aburirea geamului are loc în timpul scufundării, condensul se poate îndepărta lăsând o mică cantitate de apă să intre în interiorul vizorului pentru *spălarea geamului*, apă ce apoi este evacuată printr-o manevră de vidare a vizorului.

Unul din procedeele care trebuie bine ştiute pentru a folosi în mod eficient un vizor este acela al *golirii (vidării) vizorului* de apa pătrunsă în mod accidental, cu ajutorul aerului expirat pe nas. Procedeul nu este complicat, chiar pentru vizorul complet inundat. Se apasă cu o mână partea superioară a vizorului şi în acelaşi timp se suflă rapid şi puternic aer pe nas, făcând astfel ca presiunea din interiorul vizorului să fie mai mare decât cea din exterior. Această presiune face ca aerul, mai uşor ca apa şi deci acumulat la partea superioară a vizorului, să împingă apa afară din vizor prin partea inferioară a acestuia, înlocuind-o. Prin acest procedeu, se poate vida un vizor fără supapă, în poziție orizontală (Fig. 1.6) sau verticală (Fig. 1.7). Se recomandă ca înainte de a vida vizorul la adâncime mai mare, să se exerseze vidarea la adâncimi mici.



Fig. 1.6. Vidarea vizorului în poziție orizontală



Fig. 1.7. Vidarea vizorului în poziție verticală

1.1.3. Egalizarea presiunii

Alt procedeu care trebuie bine învățat, se referă la egalizarea, în timpul coborârii sub apă, a presiunii din interiorul vizorului şi a presiunii din urechea medie cu presiunea exterioară corespunzătoare adâncimii la care se află scafandrul. Pe măsură ce scafandrul coboară sub apă, datorită creşterii presiunii hidrostatice, vizorul este presat pe figură. Acest fenomen se numeşte „placaj" şi poate provoca dureri faciale şi chiar hemoragii. Pentru a evita apariția acestui

fenomen, trebuie *egalizată presiunea aerului din vizor* cu cea a apei din exterior, prin suflarea de aer, pe nas, în interiorul vizorului, ori de câte ori este nevoie. Tot în timpul coborârii scafandrului în apă, datorită creşterii presiunii exterioare, există posibilitatea ca presiunea aerului din urechea medie să rămână mai scăzută decât presiunea exterioară, aceasta conducând la deformarea timpanului către interior şi la apariția unor dureri violente în ureche. Pentru anularea acestor fenomene neplăcute, se va proceda la *egalizarea presiunii din ureche* cu presiunea exterioară printr-o manevră de tip Valsalva (v. paragraful 4.1.1.1). Această manevră permite deschiderea trompelor lui Eustache şi introducerea de aer sub presiune în urechea medie până la echilibru. Manevra constă din strângerea nărilor cu mâna, din exterior, prin intermediul bosajului vizorului, urmată de suflarea de aer către trompele lui Eustache care se desfac asigurând egalizarea presiunii din urechea medie cu presiunea exterioară. Se mai pot utiliza şi alte metode de echilibrare constând din mişcarea maxilarelor sau înghițirea de salivă (deglutiție), ambele metode conducând la deschiderea trompelor lui Eustache şi deci la compensarea presiunii din urechea medie (v. paragraful 6.1.2).

La urcarea scafandrului către suprafața apei, datorită scăderii presiunii exterioare, volumul aerului din interiorul vizorului creşte datorită destinderii, surplusul de aer eliminându-se în mod automat prin supapa de evacuare sau pe sub jupă. Astfel, pe tot timpul urcării, interiorul vizorului rămâne în echipresiune cu exteriorul.

Indiferent de metoda sau grupul de metode folosite pentru compensarea urechii, trebuie avut grijă să nu se folosească în mod excesiv aceste manevre, deoarece pot fi dăunătoare urechii. La urcare, echilibrarea urechilor se face de obicei în mod automat, prin evacuarea surplusului de aer din urechea medie către faringe.

Întotdeauna, înainte de scufundare, se recomandă exersarea procedeelor de egalizare a presiunii pentru a pregăti trompa lui Eustache. Dacă în timpul scufundării apar dificultăți de egalizare a presiunii, se opreşte coborârea ori de câte ori este necesar sau se urcă, până când disconfortul sau durerea dispar. În orice caz, nu trebuie ignorat nici un disconfort care apare la nivelul vizorului sau la nivelul urechilor.

1.1.4. Întreținerea vizorului

Vizorul necesită o bună întreținere. Trebuie evitat contactul vizorului cu uleiuri sau grăsimi, cum ar fi loțiunile de bronzat şi cosmeticele de păr. De asemenea, trebuie spălat sau clătit cu apă dulce, curată, după fiecare întrebuințare şi ferit de zgâriere sau spargere. Supapa de golire trebuie controlată înainte şi după fiecare scufundare la fel ca şi celelalte părți componente ale vizorului.

1.2. Labele de înot

Sub apă, un bun înotător, fără echipament pentru scufundare, se poate deplasa destul de rapid, dar pentru perioade scurte de timp.

În cazul înotului prelungit, solicitarea la efort creşte foarte mult chiar şi pentru un înotător bine antrenat. Inventarea *labelor de înot* din cauciuc, în anii 1930, a

dat un plus de mobilitate scafandrului, acesta având posibilitatea să înoate pe distanțe mari şi pe perioade de timp lungi.

1.2.1. Alegerea tipului de labe de înot

Există o mare varietate de labe de înot: profesionale sau de amatori, mai rigide sau mai elastice, demontabile sau
nu, pentru ambele picioare (labele utilizate la înotul în stil delfin), cu suprafață mai mare sau mai mică etc. În general, labele de înot se pot împărți în două mari categorii: *labe cu călcâi (cu talon)* (Fig. 1.8) şi *labe cu baretă reglabilă* (Fig. 1.9).

Labele cu călcâi sunt confecționate ca nişte pantofi de cauciuc cu lame ataşate, de diferite mărimi. Labele cu baretă reglabilă sunt confecionate în patru mărimi: mică, medie, mare şi foarte mare. Labele care au lame rigide şi mari pot asigura o forță de înaintare mai mare decât cele care au lame mici şi mai elastice dar, pentru manevrarea lor pe perioade lungi de timp, este necesar ca scufundătorul să aibă picioare puternice şi să fie bine antrenat.


Fig. 1.8. Labe de înot cu călcâi


Fig. 1.9. Labe de înot cu baretă

Ca şi la alegerea vizorului, este necesar să se cunoască câteva elemente constructive principale care să stea la baza criteriilor necesare pentru alegerea corectă a labelor de înot. Aceste elemente sunt prezentate împreună cu recomandările specifice în cele ce urmează.

• **Materialul din care sunt confecționate labele de înot.** Labele de înot confecționate din cauciuc sau din silicon sunt durabile şi se pot întreține uşor. Unele labe sunt confecționate din materiale impregnate cu inhibitori pentru prevenirea efectelor acțiunii razelor ultraviolete şi pentru reducerea deteriorărilor cauzate de soare, apă sărată şi clor.

• **Flotabilitatea.** Labele de înot pot avea flotabilitate pozitivă, negativă sau nulă. Pentru scufundări în ape adânci şi cu vizibilitate redusă, labele cu flotabilitate pozitivă sau nulă sunt de preferat, deoarece permit recuperarea lor în cazul scăpării accidentale din picior. Pentru scufundări în ape puțin adânci şi cu vizibilitate mare, pot fi utilizate şi labele cu flotabilitate negativă.

• **Bareta reglabilă.** Labele de înot cu baretă reglabilă prezintă avantajul că pot fi ajustate pe picior. Aceasta deoarece labele de înot care sunt prea strânse pe picior pot împiedica circulația sângelui şi cauza crampe musculare, iar cele prea

largi pot răni piciorul, pot cădea de pe picior sau pot cauza dureri musculare prin încercarea scafandrului de a le menține pe picior.

• **Canalele pentru jet de apă.** Aceste canale sau derivoare cu care sunt prevăzute unele tipuri de labe de înot au rolul de a direcționa curgerea apei prin laba de înot şi de-a lungul ei, spre capăt. Acest tip de labe reduc efortul scafandrului şi conferă o forță de înaintare crescută (Fig. 1.10).

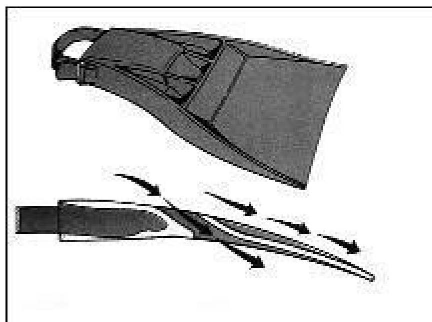


Fig. 1.10 Labe de înot cu canale pentru jet de apă

Încercarea labelor de înot cu baretă reglabilă trebuie făcută cu o pereche de cizmulițe din neopren în picioare. Se ajustează bareta până când laba de înot este bine fixată şi se încearcă buna fixare a acesteia simulând mişcarea de înot. Labele trebuie să stea fixe pe picioare, fără a produce neplăceri.

Labele de înot cu baretă reglabilă se folosesc numai cu cizmulițe din neopren, atât în ape reci cât şi în ape calde, deoarece neoprenul oferă protecție termică piciorului şi împiedică producerea de rosături ale pielii.

1.2.2. Folosirea şi întreținerea labelor de înot

Înainte de a încălța labele de înot, picioarele şi cizmulițele din neopren trebuie udate, pentru a putea intra mai uşor. Se introduce laba piciorului cât mai mult în laba de înot, apoi se petrece bareta peste călcâi.

Nu este recomandat mersul înainte cu labele în picioare deoarece, pe lângă faptul că este foarte greu de realizat, este şi periculos. În locuri cum ar fi marginea unei piscine, plajă sau apă puțin adâncă, mersul cu labele în picioare către locul de scufundare trebuie făcut, de preferință, cu spatele. La ieşirea din apă, scoaterea labelor de înot din picioare se face chiar în apă.

În timpul înotului sub apă, labele devin extensii atât de eficiente ale corpului, încât poate fi exclusă folosirea mâinilor pentru înot, acestea utilizându-se la efectuarea de alte activități.

La înotul subacvatic cu labele, se pot folosi diverse procedee numite şi *bătăi ale picioarelor*, cele mai importante fiind prezentate în continuare.

• **Bătaia standard** (Fig. 1.11). Acesta este cel mai întâlnit procedeu de înot subacvatic cu labele. Picioarele sunt ținute cât mai întinse, executând o mişcare alternativă în sus şi în jos şi imprimând o viteză mare şi constantă. O mişcare liniştită, relaxantă, este mai eficientă şi de preferat uneia rapide. Cu cât viteza de înaintare este mai mare, cu atât creşte rezistența apei şi se consumă mai multă energie. Brațele scafandrului sunt ținute de-a lungul corpului pentru a reduce

rezistența la înaintare sau, unul din brațe sau amândouă brațele, sunt ținute în față pentru a proteja scafandrul de eventualele obstacole atunci când vizibilitatea este redusă. Atunci când se înoată cu acest procedeu la suprafață, picioarele cu labele de înot trebuie ținute sub apă, pentru a avea o eficiență cât mai bună a înotului.

• **Bătaia foarfecă** (Fig. 1.12). Acest procedeu de înot este folosit mai mult ca o variație, corpul fiind poziționat pe o parte. Picioarele se desfac, apoi se apropie cu putere ca o foarfecă până când ajung paralele. Urmează o pauză de alunecare, urmată de reluarea aceloraşi mişcări. La acest procedeu, mişcarea picioarelor se execută în plan orizontal.

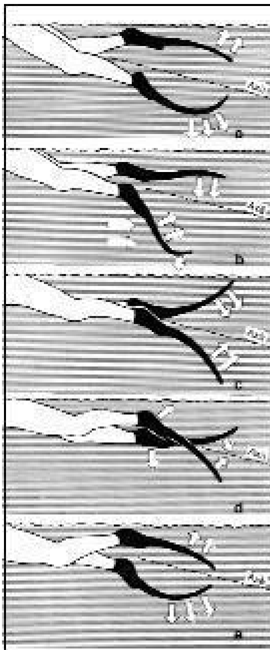


Fig. 1.11. Înotul cu labele: bătaia standard

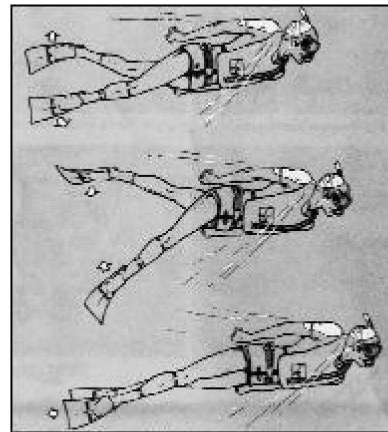


Fig. 1.12. Înotul cu labele: bătaia foarfecă

• **Bătaia broască** (Fig. 1.13). Acest procedeu presupune o bătaie a picioarelor ca la stilul denot bras. El este mai puțin folosit în scufundare, dar oferă o variație în folosirea muşchilor şi permite o pauză după fiecare bătaie. Picioarele sunt aduse într-o poziție asemănătoare picioarelor unei broaşte, iar apoi sunt împinse energic, asigurând o forță de înaintare uniformă. Mişcarea picioarelor se va relua înainte ca înaintarea să înceteze.

• **Bătaia delfin** (Fig. 1.14). Acest procedeu de înot imită mişcările ondulatorii ale delfinului. Mişcarea se începe dinpoziție orizontală prin îndoirea uşoară a genunchilor, după care se aduc picioarele în jos cu o mişcare energică, prin îndreptarea acestora şi îndoirea uşoară a corpului de la mijloc. Apoi, se aduc picioarele din nou sus prin îndoirea uşoară de la genunchi, în acelaşi timp îndreptând corpul de la mijloc şi arcuind spatele. Astfel, scufundătorul înaintează printr-o mişcare asemănătoare unui val, ca şi un delfin.

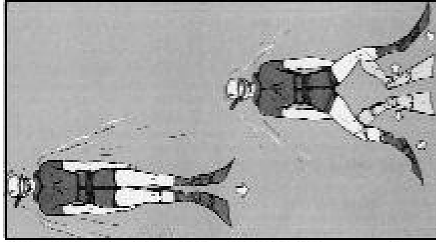


Fig. 1.13. Înotul cu labele: bătaia broască

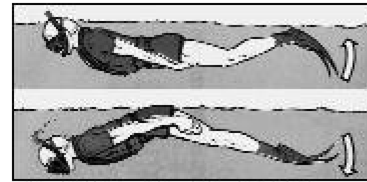


Fig. 1.14. Înotul cu labele: bătaia delfin

În cazul pierderii accidentale a unei labe pe timpul înotului în procedeul standard, foarfecă sau broască, laba rămasă nu poate compensa mişcarea celei pierdute, datorită interacțiunii celor două labe de înot la transformarea mişcării laterale în mişcare de înaintare. În procedeul delfin, labele nu depind una de alta în realizarea mişcării de înaintare. De aceea, acesta este singurul procedeu la care se poate înota cu o singură labă.

Labele de înot trebuie verificate înainte de scufundare pentru detectarea unor eventuale defecțiuni, iar după scufundare trebuie clătite cu apă dulce, curată.

1.3. Tubul de respirat

Tubul de respirat este indispensabil, atât în scufundarea liberă cât şi în scufundarea cu aer comprimat, pentru economisirea aerului din butelii, în timpul parcursului la suprafață.

Tubul de respirat (Fig. 1.15) este utilizat, într-o formă sau alta, de peste 2 000 de ani, dar abia în zilele noastre este utilizat împreună cu vizorul. Tubul de respirat clasic este format dintr-o țeavă îndoită şi o piesă bucală numită şi *muştiuc*.

Există o mare varietate de tuburi de respirat: cu sau fără supapă, simple sau duble etc. Din punct de vedere al tipului scufundării la care sunt utilizate, există două categorii de tuburi de respirat: tuburi de respirat pentru scufundări libere (în apnee) şi tuburi de respirat pentru scufundări autonome cu aer comprimat. Tubul pentru scufundări libere (Fig. 1.15, a) este mai rigid şi confecționat din material plastic sau metal. Cel pentru scufundări cu aer comprimat este prevăzut cu un racord de cauciuc gofrat (Fig. 1.15, b), ce permite muştiucului să cadă afară din gură pentru a fi înlocuit cu piesa bucală a detentorului.



Fig. 1.15. Tuburi de respirat
a. tub de respirat pentru scufundare liberă;
b. tub de respirat pentru scufundare cu aer comprimat

1.3.1. Alegerea tipului de tub de respirat

La alegerea unui tub de respirat trebuie ținut cont de două caracteristici: rezistența la respirație şi confortul respirator. Lungimea tubului nu poate depăşi 30 ... 35 cm, deoarece diferența prea mare dintre presiunea apei la nivelul plămânului şi presiunea atmosferică, face respirația dificilă sau chiar imposibilă. Diametrul optim al tubului de respirat este în jur de 20 mm. Un diametru mai mic ar crea o rezistență aeraulică prea mare la inspirație, iar un diametru mai mare ar favoriza acumularea de bioxid de carbon. Alegerea unui tub de respirat cu diametru optim va conduce la o respirație mai eficientă şi la o golire mai bună a apei din tub.

La alegerea tubului de respirat trebuie încercat şi muştiucul. Un muştiuc care nu se potriveşte conformației bucale a scafandrului poate fi foarte inconfortabil. Muştiucul poate avea mai multe mărimi, forme şi flexibilități, scafandrul trebuind să-şi aleagă, prin încercări, muştiucul cel mai potrivit.

1.3.2. Folosirea şi întreținerea tubului de respirat

Tubul de respirat se poartă sub bareta vizorului sau într-un dispozitiv de prindere special (Fig. 1.16). De obicei, tubul de respirat se poartă pe partea stângă pentru a nu se încurca cu furtunul detentorului cu două trepte, aflat în partea dreaptă. La scufundătorii liberi, tubul de respirat poate fi purtat şi în partea dreaptă. Cu ajutorul tubului de respirat se poate înota la suprafață fără a ridica capul deasupra apei pentru a respira. Capul poate rămâne scufundat sub apă pentru perioade lungi de timp, iar corpul stă relaxat având o flotabilitate pozitivă maximă. În acest fel, se poate sta la suprafața apei nemişcat, respirând prin tub, fără vreun alt efort. Tubul de respirat este folosit şi de scafandrii autonomi cu aer comprimat. Aceştia pot respira prin tub pentru a economisi aer în timpul înotului

la suprafață, spre şi de la locul scufundării sau deasupra unei zone de scufundare.

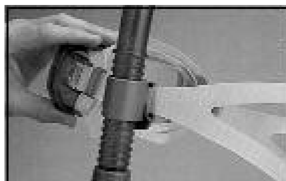


Fig. 1.16. Prinderea tubului de respirat la bareta vizorului

În momentul pătrunderii sub apă, aerul din tub iese în mediul acvatic exterior, iar apa din exterior pătrunde în tub. La ieşirea la suprafața apei, pentru a vida tubul de apa din interior, se pot folosi două metode (Fig. 1.17 şi 1.18) prezentate în continuare.

• **Vidarea tubului prin metoda suflării apei** (Fig. 1.17). Această metodă este cea mai cunoscută şi folosită, cu toate că este mai dificilă. La suprafața apei se expiră puternic în tub forțând apa să iasă din acesta. Dacă prima suflare nu a fost de ajuns, se inspiră cu precauție aer prin tub şi se repetă suflarea cu forță.

• **Vidarea tubului prin metoda alunecării apei în jos** (Fig. 1.18). Aceasta este metoda cea mai simplă de învățat şi practicat. Astfel, în momentul ridicării spre suprafață, se priveşte în sus astfel încât partea liberă a tubului să se situeze mai jos de nivelul gurii. Se recomandă ca înainte de ieşirea la suprafață, să se expire uşor în tub. Poziția cu capul pe spate este menținută până când bărbia şi partea liberă a tubului ies la suprafață, după care se poate inspira şi relua poziția normală a capului. Cu un antrenament corespunzător, vidarea tubului se va putea executa simplu şi fără efort, devenind un act reflex. Înainte de scufundare, tubul trebuie inspectat pentru depistarea unor eventuale defecțiuni, iar după scufundare se clăteşte cu apă dulce, curată.

Practica va uşura folosirea celor trei elemente, vizorul, labele de înot şi tubul de respirat. Stăpânindu-se tehnica folosirii lor, se va învăța să se gândească şi să se acționeze sub apă. Acest lucru poate fi obinut prin exersarea în bazin a dezechipării şi echipării cu vizor, labe de înot şi tub de respirat. Se învață echiparea sub apă cu cele trei elemente de echipament, vidarea vizorului şi apoi a tubului, dintr-o singură respirație.

Ordinea de executare a operațiilor este o chestiune de preferință a cursantului sau a instructorului. Astfel, majoritatea scufundătorilor consideră că este mai simplu să se videze vizorul în timpul ridicării decât la adâncimea de echipare.



Fig. 1.17. Vidarea tubului de respirat prin metoda suflării

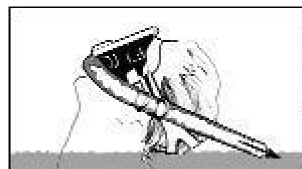


Fig. 1.18. Vidarea tubului de respirat prin metoda alunecării

1.4. Costumul pentru protecție termică

Utilizarea vizorului, labelor de înot şi a tubului de respirat rezolvă problema vederii şi a înotului sub apă dar, în acelaşi timp, conduce la o altă problemă şi anume rămânerea unui timp mai îndelungat într-o apă cu temperatură scăzută. În vederea rezolvării acestei probleme, scufundătorul va trebui să poarte *costum de protecție termică* pentru a păstra căldura corpului, prin limitarea pierderilor de căldură către mediul acvatic exterior.

Alegerea tipului de îmbrăcăminte se face funcție de temperatura apei, tipul activității desfăşurate sub apă şi statura scafandrului. Transferul de căldură convectiv de la corpul omenesc către apă este de 25 de ori mai intens decât în cazul în care corpul se află în aer (v. paragraful 4.3). Din această cauză, o temperatură care pare ridicată în aer, în apă poate părea scăzută. Astfel, un scafandru aflat în repaus în apă, poate suferi de frig după 1 ... 2 ore, dacă temperatura apei este de 25º C. De aceea costumul pentru protecție termică reprezintă cel mai bun mijloc de prevenire a accidentelor datorate frigului (v. paragraful 6.4.1). Scufundarea în apă rece este nu numai inconfortabilă dar şi primejdioasă.

1.4.1. Alegerea tipului de costum pentru scufundare

Figura 1.19 prezintă recomandări privind alegerea costumului de scafandru în funcție de temperatura apei şi de efortul depus de scafandru. După cum se poate vedea, funcție de aceşti factori, scafandrul poate lucra fie neprotejat, fie îmbrăcat cu costum uscat, etanş sau cu costum umed, neetanş. Aceste tipuri de costume de protecție vor fi prezentate în cele ce urmează.

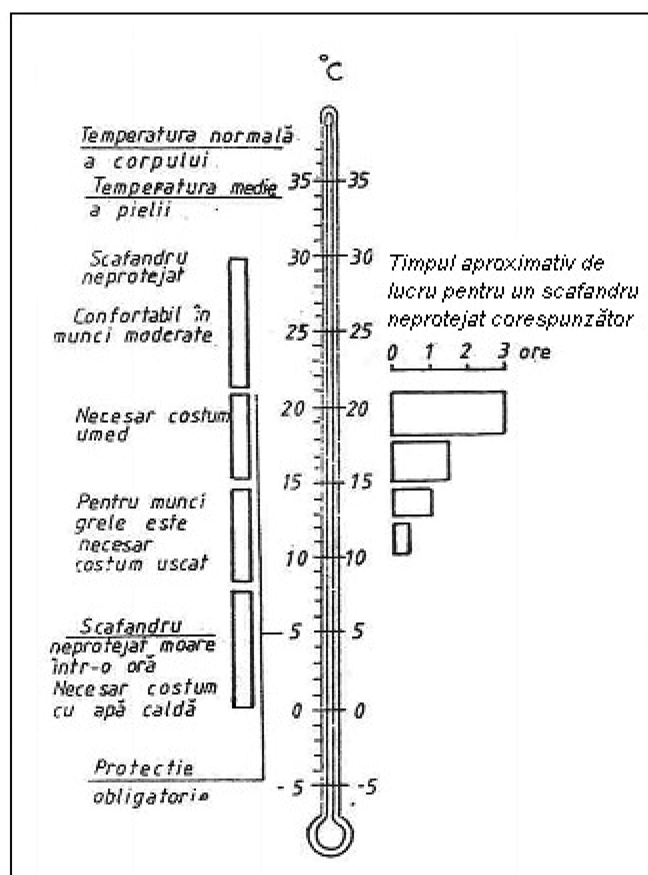


Fig. 1.19. Costumul de scufundare necesar funcție de temperatura apei şi de efortul depus de scafandru

• **Costumul uscat (etanş).** Acest tip de costum poate fi cu *volum variabil* sau cu *volum constant*. La primele încercări de a rezolva problema protecției la frig, scafandrii au purtat veşminte de lână acoperite cu un costum etanş de cauciuc. Acest costum etanş convențional, care este utilizat şi astăzi în variante perfecționate, era confecționat din fâşii de cauciuc. Din cauza faptului că acest echipament nu era prevăzut cu supape, trebuia folosit cu multă grijă pentru a evita placajul. Infiltrarea apei, posibilă la un astfel de costum, reduce protecția termică şi micşorează flotabilitatea scafandrului. Modelele actuale ale *costumului uscat cu volum variabil* (Fig. 1.20) sunt confecționate din cauciuc, nylon, sau din acelaşi material ca şi cele umede, adică din neopren şi au multe îmbunătățiri față de modelulul convențional. Astfel, acestea sunt costume uscate, care nu permit pătrunderea apei în interior, au volumul variabil şi sunt prevăzute cu racorduri de umplere de la butelia cu aer comprimat şi supapă de evacuare a aerului, acționată manual, situată la partea superioară. În acest fel, scafandrul îşi poate regla flotabilitatea. Costumul uscat cu volum variabil, poate servi şi drept vestă de salvare, permițând realizarea rapidă a unei flotabilități pozitive. Scufundarea cu costumul uscat cu volum variabil, necesită un antrenament special, îndeosebi în cazul scufundărilor la adâncimi mai mari. Aceasta pentru că, acest tip de costum poate cauza o coborâre necontrolată în cazul pierderii aerului din costum, sau o ridicare necontrolată (urcare „în balon“) în cazul pierderii centurii

de lestare.

Costumul uscat cu volum constant este un echipament utilizat numai de către profesionişti. El este alcătuit dintr-un combinezon confecționat dintr-o țesătură solidă şi o cagulă încorporată ce înlocuieşte casca. Scafandrul este în întregime în mediu uscat, protejat de frig. Prin intermediul supapelor de cap şi de picioare, echipamentul echilibrează volumul de aer interior funcție de presiunea ambiantă.

Dar, pentru a avea protecție termică pe timpul scufundării, nu este neapărat nevoie să se stea într-un mediu uscat. Pornind de la acest considerent, pentru anumite activități sub apă şi pentru anumite intervale de temperaturi ale apei, costumul uscat a fost înlocuit cu unul umed.


Fig. 1.20. Costum uscat cu volum variabil


Fig. 1.21. Costum umed din neopren

• **Costumul umed (neetanş) din neopren** (Fig. 1.21). Acest tip de costum este cel mai folosit echipament pentru scufundările libere şi autonome. Costumul umed este confecționat din neopren, un cauciuc special, expandat cu gaz inert (care are incluse în masa lui mici bule de gaz, de obicei azot, izolate între ele). Astfel, neoprenul este un material nepermeabil, foarte bun izolator termic şi cu bune calități elastice. Costumul, prin țesătura specială cu care este căptuşit, permite pătrunderea şi menținerea unei pelicule subțiri de apă între neopren şi pielea corpului. Această peliculă de apă se încălzeşte de la corp atingând temperatura de confort, iar neoprenul, prin calitățile lui de izolator termic, limitează pierderile de căldură ale corpului către mediul acvatic exterior. Un costum umed din neopren, care nu este prevăzut cu o căptuşeală dintr-o țesătură corespunzătoare şi care nu se mulează bine pe corp, permite apei să circule între corp şi costum, fiind înlocuită cu apă rece din exterior, aceasta conducând la creşterea pierderilor de căldură dinspre corp către mediul acvatic exterior şi deci la apariția relativ rapidă a senzației de frig. Un costum realizat dintr-un cauciuc prea puțin elastic şi prea strâmt pe corp, conduce la o reducere importantă a mobilității scafandrului în timpul activităților subacvatice. De asemenea, un costum umed din neopren cu grosime prea mare poate oferi mai multă protecție termică dar, în acelaşi timp, măreşte flotabilitatea scafandrului şi

tinde să-i micşoreze mobilitatea sub apă. Oricare ar fi grosimea neoprenului, pe măsură ce creşte adâncimea de imersie, deci pe măsură ce presiunea creşte, acesta se comprimă prin comprimarea bulelor de gaz din interior, iar flotabilitatea şi protecția termică ale costumului sunt micşorate. De acest lucru trebuie ținut cont la alegerea şi la reglarea centurii de lestare.

Costumul umed oferă pe lângă o protecție termică şi o protecție împotriva tăierii şi zgârierii pielii. Există foarte multe tipuri de costume umede din neopren. Majoritatea sunt compuse din vestă, pantalon, cagulă, mănuşi şi cizmulițe (Fig.1.22). Adesea, scufundările sunt efectuate în ape a căror temperatură este cuprinsă între 4 şi 24 ºC. În acest interval de temperaturi, corpul trebuie protejat termic în întregime, cu un costum umed complet.



Fig. 22. Componentele de bază ale costumului umed din neopren

Scafandrii mai supli au nevoie de mai multă protecție termică decât scafandrii mai corpolenți. De asemenea, scafandrii ce urmează să desfăşoare o activitate subacvatică mai intensă au nevoie de protecție termică mai redusă deoarece, metabolismul lor fiind intensificat, se va produce mai multă căldură. În orice caz, toți scafandrii au nevoie de protecție termică atunci când se scufundă la adâncimi mai mari, datorită scăderii temperaturii apei pe măsură ce creşte adâncimea.

La alegerea unui costum umed trebuie ținut cont de tipul de neopren din care este confecționat. Unele costume umede sunt prevăzute cu o țesătură din nylon atât la interior cât şi la exterior. Acestea sunt cele mai durabile şi pot fi îmbrăcate şi scoase mai uşor.

O altă categorie de costume umede sunt cele prevăzute cu țesătură de nylon numai la interior. Aceste costume asigură o protecție termică la fel de bună ca şi cele cu țesătură pe ambele fețe şi în plus sunt mai flexibile, dar au dezavantajul că se îmbracă şi se scot cu ceva mai multă dificultate, având o rezistență mecanică mai scăzută. Fermoarele de la glezne şi de la încheieturile mâinilor nu sunt foarte necesare, însă ajută la îmbrăcarea şi dezbrăcarea costumului. Pentru scufundări în ape foarte reci, nu este recomandată folosirea costumelor umede cu fermoare, deoarece apa rece poate pătrunde prin ele înlocuind stratul subțire de apă încălzit de corp. Vesta costumului umed este prevăzută la spate cu o

porțiune suplimentară de neopren de-a lungul şirei spinării, pentru a micşora şi mai mult pierderile de căldură în această zonă. Costumele umede pot fi prevăzute cu buzunare, cu apărători la genunchi şi la coate, precum şi cu locaşuri speciale pentru cuțit sau diverse scule.

1.4.2. Întreținerea costumului umed din neopren

Pentru menținerea cât mai îndelungată a integrității costumului din neopren, este de dorit evitarea îndoirii repetate a acestuia. Aceste îndoiri slăbesc rezistența neoprenului. De asemenea, costumul din neopren trebuie ferit de căldură excesivă şi de expunere directă la soare.

Fermoarele trebuie unse cu unsoare siliconică, ceară sau săpun pentru a se asigura o închidere şi o deschidere uşoară a acestora. Periodic, costumul din neopren se spală cu apă călduță, folosind un detergent slab, apoi se agață pe un umeraş sau se întinde orizontal pentru a realiza distribuirea uniformă a greutății lui. Printr-o corectă întreținere şi conservare, un costum bun din neopren poate fi păstrat în stare foarte bună un timp îndelungat.

1.5. Centura de lestare

Scafandrul aflat sub apă şi echipat numai cu un costum umed complet, are o flotabilitate pozitivă considerabilă şi deci pluteşte la suprafața apei fără nici un efort. Astfel, un costum din neopren are, în apă dulce, o flotabilitate de aproximativ 9 kgf. În cazul acesta, scafandrul este protejat termic în mod confortabil, dar este în situația de a nu putea pătrunde sub apă datorită suplimentului de flotabilitate adus de costum. Pentru a contracara flotabilitatea pozitivă a costumului din neopren şi chiar a corpului scafandrului, s-a impus ca necesară introducerea, ca piesă de echipament, a centurii de lestare (Fig.1.23) având înşirate pe ea greutăți din plumb.



Fig. 1.23. Centură de lestare cu greutăți din plumb

1.5.1. Reglarea greutății centurii de lestare

Stabilirea greutății centurii de lestare în vederea obținerii flotabilității nule a scafandrului pentru o anumită adâncime, se realizează prin determinarea greutății centurii la suprafața apei urmată de calculul greutății lestului pentru adâncimea de scufundare dorită.

Determinarea greutății lestului de plumb la suprafață se realizează prin ataşarea la centură a unor greutăți (în total 5 ... 10 kgf). Apoi, scafandrul va intra în apă şi va adăuga sau va scoate greutăți de la centură până când va căpăta o uşoară flotabilitate pozitivă când inspiră şi o uşoară flotabilitate negativă când expiră.

În vederea stabilirii lestului de plumb pentru obținerea unei flotabilități nule la o anumită adâncime, se porneşte de la greutatea lestului determinată la suprafață, exprimată în kilogrameforță, care se împarte la presiunea corespunzătoare adâncimii de scufundare alese, exprimată în atmosfere, în scară absolută. De exemplu, dacă la suprafață este necesar un lest de plumb cu o greutate de 8 kgf, la adâncimea de 10 m (p = 2 ata) este necesară o greutate de 8 : 2 = 4 kgf, la adâncimea de 15 m (p = 2,5 ata) este necesară o greutate de 3,2 kgf, la 20 m (p = 3 ata) sunt necesare 2,7 kgf ş.a.m.d.

Oricare ar fi metoda folosită pentru determinarea greutății lestului ataşat la centură, nu este recomandabil ca scafandrul să poarte un lest cu o greutate mai mare decât cea necesară.

Când se fac scufundări în apă sărată, trebuie adăugate câteva kilograme în plus la centură datorită faptului că apa sărată are o densitate mai mare decât apa dulce şi deci forța arhimedică este ceva mai mare.

Greutatea de lest necesară anulării flotabilității pozitive este o problemă individuală, aceasta depinzând în bună măsură de vechimea şi starea costumului umed, de flotabilitatea proprie a corpului scafandrului, de experiența acestuia şi de echipamentul folosit.

1.5.2. Alegerea tipului de centură de lestare

Centura de lestare poate fi confecționată din două tipuri de materiale: din nylon sau cauciuc. Nylonul este cel mai folosit şi cel mai durabil. Cauciucul nu este la fel de durabil dar este mai elastic, fapt ce constituie un avantaj în timpul coborârii sub apă, când presiunea creşte, iar bulele de gaz din neopren se comprimă. Dacă se poartă centură din nylon, aceasta se slăbeşte pe măsură ce scafandrul coboară, pe când centura din cauciuc pătrunde în spațiul lăsat prin comprimarea costumului umed, rămânând astfel bine fixată în jurul mijlocului scafandrului. Catarama centurii de lestare (Fig. 1.24) se deosebeşte de celelalte catarame ale echipamentului prin aceea că permite o deschidere rapidă în caz de urgență, chiar şi cu mănuşa pe mână, asigurând astfel o largare sigură şi rapidă a lestului. Greutățile din plumb (Fig. 1.25) pot fi de diferite tipuri şi mărimi. Unele greutăți sunt acoperite cu un strat de vinyl, pentru protecție împotriva lovirilor şi zgârierilor, strat ce poate avea diferite culori.

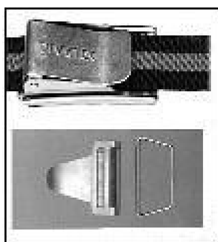


Fig. 1.24. Catarame cu deschidere rapidă pentru centura de lestare

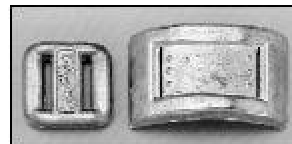


Fig. 1.25. Greutăți din plumb pentru centura de lestare

1.5.3. Largarea centurii de lestare. Întreținere

Centura de lestare este o piesă importantă a echipamentului de scafandru. Cu

ajutorul ei se poate obține o flotabilitate nulă la suprafață sau în adâncime, dar şi o flotabilitate pozitivă prin largarea ei în caz de urgență. Aceasta nu înseamnă că se poate ajunge la suprafața apei imediat ce a fost înlăturată centura cu lest, dar se poate înota mai uşor spre suprafață. Se recomandă ca centura de lestare să nu fie prinsă de alte piese ale echipamentului. Cu ajutorul cataramei cu deschidere rapidă, special concepută, centura poate fi largată rapid în caz de urgență. Dar acest lucru nu este de ajuns. Centura trebuie mai întâi depărtată cu mâna la o distanță cât mai mare de corp şi apoi lăsată să cadă. Această manevră trebuie efectuată pentru a se evita agățarea centurii de lestare de o altă piesă de echipament (cuțit, labe etc.). În caz de urgență, trebuie largată nu numai centura cu lest, dar chiar şi butelia cu aer comprimat. În cazul în care la suprafața apei se găsesc obstacole (ambarcațiuni, pontoane etc.) largarea centurii cu lest agravează situația, deoarece controlul asupra flotabilității a fost redus simțitor. Dar, dacă la suprafața apei nu sunt obstacole, iar ridicarea se poate face liber, centura trebuie largată fără ezitare. Aceasta poate fi recuperată într-o scufundare viitoare.

După scufundare, centura şi greutățile se clătesc cu apă dulce, curată.

1.6. Vesta de salvare

Vesta de salvare este o piesă componentă a echipamentului de scafandru, utilizată atât în scufundările libere, în apnee, cât şi în scufundările cu aer comprimat. Funcție de modul în care se poate realiza umflarea ei, vestele de salvare pot fi:

- cu umflare de la un cartuş cu bioxid de carbon;
- cu umflare de la o butelie cu aer comprimat proprie, cu volum mic;
- cu umflare de la buteliile cu aer comprimat aferente aparatului de respirat.

Primele două tipuri de veste de salvare pot fi utilizate atât în scufundarea cu aer comprimat, cât şi în scufundarea liberă, în apnee. Ultimul tip de vestă poate fi utilizat numai în scufundările autonome cu aparat de respirat.

Funcție de tipul constructiv, vesta de salvare poate asigura scafandrului următoarele facilități:

• *ridicarea scafandrului la suprafața apei*, prin umflarea comandată a vestei şi deci prin realizarea unei flotabilități pozitive corespunzătoare. Această manevră, în caz de urgență, poate fi conjugată şi cu manevra de largare a centurii de lestare;

• *reglarea flotabilității scafandrului* în jurul flotabilității nule, reglare necesară în următoarele situații:

- pentru compensarea pierderii de flotabilitate a costumului din neopren ce se comprimă în timpul coborârii sub apă. Această compensare se realizează printr-o uşoară umflare a vestei;
- pentru compensarea unei greutăți suplimentare pe care scafandrul trebuie să o transporte dintr-un loc în altul, de la suprafață către adâncime sau de la adâncime către suprafața apei. Şi această compensare se realizează tot printr-o umflare controlată a vestei;
- pentru compensarea pierderii de greutate atunci când scafandrul depune sub apă sau la suprafața apei obiectul transportat. Această compensare se

realizează printr-o dezumflare a vestei ce inițial era umflată la echilibru;

- pentru asigurarea unei flotabilități pozitive suficiente pentru cazul în care scafandrul trebuie să rămână la suprafață un timp mai mare fără să facă efort. Această flotabilitate este asigurată prin umflarea, de obicei orală, a vestei. Atunci când scafandrul doreşte să reia din nou imersia, acesta va proceda la dezumflarea graduală şi controlată a vestei până la atingerea flotabilității nule;

• *asigurarea respirării* pe timp relativ scurt, în situație de urgență, de aer din buteliile aparatului de respirat sau din butelia proprie, vesta jucând rolul unui sac respirator (plămân fals), atunci când s-a defectat detentorul şi respectiv atunci când s-a terminat aerul din buteliile aparatului de respirat, acest din urmă caz fiind posibil numai la vestele ce dispun de butelie proprie cu aer comprimat.

1.6.1. Tipuri de veste de salvare utilizate în scufundare

Primele veste folosite de scafandri la începutul anilor 1960, au fost vestele de salvare, utilizate de obicei pe mare în caz de naufragiu. Aceste veste erau echipate cu un mic furtun pentru umflare orală. De asemenea, vesta era prevăzută şi cu un cartuş cu bioxid de carbon utilizat pentru umflare în caz de urgență. Aceste veste prezentau multe dezavantaje în cazul utilizării lor de către scafandri şi anume aveau un volum mic şi erau inconfortabil umflate. comprimat. Acestea sunt vestele standard (Fig. 1.26) care se pun în jurul gâtului, acoperind pieptul şi se prind cu ajutorul unor curele. Furtunul pentru umflat şi dezumflat vesta este mai lung şi cu diametru mai mare şi ataşat în partea superioară pentru a permite aerului să fie evacuat mai uşor atunci când este necesară o manevră de dezumflare a vestei. Aceste veste sunt prevăzute cu o supapă de suprapresiune pentru a preveni supraexpansiunea aerului în timpul ridicării scafandrului către suprafață. Ca şi vestele de început, aceste modele sunt prevăzute cu un cartuş cu bioxid de carbon pentru umflare în caz de urgență, iar unele veste, model mai nou, sunt echipate cu sisteme de umflare, fie de la butelie proprie, fie de la buteliile aparatului de respirat autonom. De asemenea, în ultimii ani, a fost conceput un alt tip de vestă de La sfârşitul anilor 1960 au apărut primele veste de salvare special concepute atât pentru scufundarea liberă cât şi pentru scufundarea cu aer salvare special pentru scufundare. Această vestă tip jachetă (Fig. 1.27) este mai largă, având o formă tridimensională asemănătoare unei haine. Vesta este prevăzută atât cu un sistem oral de încărcare cât şi cu un sistem de umflare de la butelie, manevra fiind realizată prin simpla apăsare a unui buton. Acest tip de vestă are încorporată o supapă acționată manual pentru realizarea unei evacuări eficiente a aerului, atunci când se doreşte o coborâre rapidă. Această supapă poate fi separată, sau poate fi aceeaşi cu supapa de suprapresiune.

Un alt model de vestă de salvare, special conceput pentru scufundări, este vesta de spate ce se caracterizează prin aceea că este în formă de potcoavă şi este ataşată de back-pack (v. paragraful 2.3.5). Prin utilizarea acestui model de vestă se elimină o parte din curelele de prindere caracteristice celorlalte veste şi se poate respira mai confortabil în poziție orizontală. De asemenea, vesta este prevăzută atât cu un sistem de umflare oral cât şi cu un sistem de umflare de la butelie. Unele veste de acest tip au un sistem de greutăți integrat în back-pack.

Aceste veste de salvare sunt folosite în special la scufundările în peşteri.

Vestele de salvare sunt confecționate din nylon cauciucat, iar marginile sunt lipite la cald (termosudate) asigurând o bună etanşeitate.

Când sunt umflate, vestele de salvare trebuie să distribuie cea mai mare parte a flotabilității către piept şi abdomen şi mai puțin în jurul şi în spatele gâtului. De asemenea, vesta trebuie bine fixată de corp, astfel încât să nu se deplaseze. Cu cât volumul vestei este mai mare, cu atât este mai mare şi flotabilitatea pe care aceasta o poate crea. Cu cât diametrul furtunului sistemului de umflare orală este mai mare, cu atât vesta poate fi umflată sau dezumflată mai uşor.

De obicei, vestele de salvare au o culoare vie şi sunt prevăzute cu un fluier pentru asigurarea unei mai bune localizări a scafandrului ieşit la suprafață de către colegii de echipă.

Nu se recomandă efectuarea de scufundări fără vestă de salvare.



Fig. 1.26. Vestă de salvare tip standard.
1-Racord umflare de la butelie; 2-Supapă de suprapresiune; 3-Furtun pentru umflat şi dezumflat vesta; 4-Butelie proprie



Fig. 1.27. Vestă de salvare tip jachetă
1-Supapă de suprapresiune;
2-Furtun de umflare orală;
3-Sistem de umflare de la butelie

1.6.2. Utilizarea vestei de salvare

Utilizarea vestei de salvare se referă la manevrele specifice de umflare a vestei la suprafață în vederea staționării şi înotului la suprafața apei, dezumflarea ei pentru atingerea flotabilității nule în vederea coborârii sub apă şi umflarea din nou a vestei în vederea urcării către suprafață.

Pentru umflarea vestei de salvare în vederea staționării sau înotului scafandrului la suprafața apei, se utilizează sistemul mecanic de umflare cu aer din butelie. În cazul în care apare o defecțiune la acest sistem sau în cazul scufundărilor libere, vesta poate fi umflată şi oral. Această ultimă manevră (Fig. 1.28) se poate exersa la suprafața apei, suflându-se puternic în vestă şi păstrându-se în acelaşi timp poziția la suprafață cu ajutorul labelor. După două sau trei suflări, vesta va avea suficient aer pentru asigurarea unei flotabilități pozitive corespunzătoare.

Atunci când scafandrul se relaxează sau înoată la suprafața apei cu vesta umflată, este mai comod ca aceasta să se facă în poziție orizontală, cu fața în

jos. Aceasta pentru că în această poziție, corpul se sprijină pe vesta de salvare ce menține plămânii deasupra nivelului liber al apei, reducându-se astfel presiunea în jurul plămânilor şi prin aceasta uşurându-se în mod considerabil respirația.

Dezumflarea vestei de salvare în vederea coborârii sau compensării unei creşteri de flotabilitate se realizează prin eliminarea de aer, manevra depinzând de tipul constructiv al vestei. La vestele de salvare care nu sunt prevăzute cu supapă de evacuare, eliminarea aerului se face prin intermediul furtunului de umflare (Fig. 1.29) care se ține în poziție verticală deasupra vestei, apăsându-se butonul de dezumflare. La vestele care au supapă de evacuare a aerului, se trage de mecanismul de deschidere a supapei, aerul fiind eliminat cu uşurință doarece supapa se află la partea superioară a vestei.

În vederea compensării diferitelor pierderi de flotabilitate apărute în timpul imersiei, vesta de salvare se poate umfla de la butelie, până când se ajunge la o flotabilitate nulă. Atunci când se doreşte urcarea către suprafaţa apei, se umflă vesta atât cât să se obţină o flotabilitate slab pozitivă, apoi cu ajutorul labelor se înoată spre suprafaţă. În timpul ridicării, aerul din vestă trebuie astfel eliminat încât viteza de ridicare să nu depăşească viteza bulelor de aer (15 m/min).

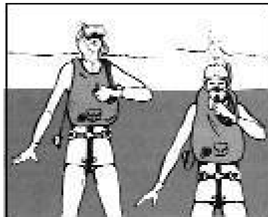


Fig. 1.28. Umflarea vestei de salvare la suprafața apei



Fig. 1.29. Dezumflarea vestei de salvare utilizând furtunul de umflare-dezumflare

1.6.3. Întreținerea vestei de salvare

După fiecare scufundare, vesta de salvare se spală atât în interior cât şi la exterior. Pentru a spăla vesta în interior, aceasta se umple cu apă dulce, curată, până la o treime din volumul ei. Apoi se îndreaptă în jos furtunul sistemului de umflare eliminând apa. Pentru scufundările în mare, dacă apa eliminată este încă sărată, se repetă clătirea până când apa eliminată nu mai este sărată.

Spălarea vestei la exterior se face de asemenea cu apă dulce, curată. Trebuie spălate atât supapele cât şi dispozitivul de umflare a vestei. Apoi, după uscare, acestea, împreună cu părțile componente ale mecanismului cartuşului cu bioxid de carbon, se ung cu unsoare siliconică pentru a le proteja de coroziune.

Vesta de salvare trebuie inspectată periodic pentru detectarea unor eventuale spărturi sau neetanşeități. Pentru aceasta se scufundă vesta umflată în apă

curată şi se observă dacă apar bule de aer. În eventualitatea existenței unor spărturi, acestea vor trebui reparate. Pentru păstrare, vesta se umflă la jumătate din volum cu aer, pentru a se evita lipirea pereților la interior.

1.7. Scufundarea liberă (în apnee)

Scufundarea liberă reprezintă acțiunea de a pătrunde în mediul acvatic în apnee inspiratorie (prin ținerea respirației), fără nici un aparat de respirat sub apă. Scufundarea liberă permite scufundătorului de a petrece sub apă un timp mai mic decât cel obținut prin utilizarea unui aparat de respirat autonom. Scufundarea în apnee este însoțită de numeroase fenomene biochimice şi biofizice legate de această inhibiție respiratorie.

Scufundarea liberă este limitată de timpul în care scufundătorul îşi poate ține respirația, iar ca adâncime, de efectul mecanic de deformare a plămânilor sub acțiunea presiunii mediului acvatic exterior.

Timpul unei scufundări în apnee la un scufundător antrenat, poate varia între 2 minute şi 5 minute, funcție de capacitatea pulmonară, antrenamentul şi vârsta scufundătorului. Astfel, poate fi menționat primul record de durată omologat, de 4 minute şi 31 secunde, stabilit în 1922 de francezul Pouliguen.

Adâncimea obişnuită a scufundării în apnee este de 7 ... 10 m, performanțe foarte bune fiind considerate scufundările libere la adâncimi de 25 ... 30 m. În timpul scufundării în apnee, volumul plămânilor se va diminua o dată cu creşterea presiunii ambiante. Cuşca toracică urmăreşte deformația plămânilor atât cât îi permit oasele din care este alcătuită, până la un volum limită numit volum rezidual. Dacă scufundarea continuă, plămânii au tendința de a se desprinde din cuşca toracică, cu efecte asupra bronhiilor, inimii şi circulației sanguine. Cunoscând volumul inițial şi volumul rezidual, se poate calcula cu aproximație adâncimea teoretică maximă a scufundării în apnee. Adâncimea maximă de scufundare în apnee este funcție de capacitatea pulmonară, antrenament şi vârstă, dar şi de un element ce poate mări considerabil adâncimea maximă şi care este supletea diafragmei ce limitează cutia toracică la partea ei inferioară. Există şi recorduri excepționale de adâncime în scufundarea liberă aşa cum sunt recordurile lui Jacques Mayol, Enzo Maiorca, Francisco Ferreras Rodriguez şi Umberto Pelizzari de circa 100 m. Aceste recorduri de excepție au fost însă obținute grație unui antrenament bine condus şi riguros controlat, conjugat cu o tehnică perfectă, susținută de o forță de caracter ieşită din comun.

Scufundarea liberă, pe lângă faptul că reprezintă o tehnică de scufundare în sine, în vederea desfăşurării unor activități (fotografie, explorare, vânătoare etc.), mai reprezintă şi o etapă obligatorie în pregătirea scafandrului cu aer comprimat. Astfel, pentru început, viitorul scafandru trebuie să abandoneze, în mod provizoriu, aparatul de respirat pentru ca să se obişnuiască cu utilizarea numai a echipamentului de bază (vizorul, tubul de respirat, labele de înot şi eventual costumul izoterm, centura de lestare şi vesta de salvare). Astfel, după ce şi-a ales echipamentul şi a luat cunoştință de modul de utilizare şi întreținere a acestuia, scufundătorul va trebui să exerseze echiparea şi dezechiparea şi să-şi însuşească temeinic tehnicile specifice scufundării libere. În paragrafele

următoare sunt prezentate elementele fundamentale privind echiparea scufundătorului cu piesele de echipament prezentate în paragrafele anterioare, intrarea în apă, pătrunderea sub apă şi revenirea la suprafaţă în cazul scufundării libere, în apnee. Trebuie menţionat faptul că cea mai mare parte din aceste elemente prezentate pentru scufundarea liberă sunt valabile şi pentru scufundarea autonomă cu aparat de respirat.

1.7.1. Echiparea scufundătorului în vederea efectuării de scufundări libere

Echiparea cu costum umed din neopren poate lua timp îndelungat scufundătorului începător şi poate fi obositoare. De aceea, se recomandă să fie respectate o anumită ordine şi anumite procedee în echipare după cum urmează:

a) *pantalonii* se pun primii. Se rulează pantalonii peste genunchi, cu partea dinăuntru în afară, se introduc picioarele şi se potrivesc pantalonii pe porţiunea dintre glezne şi genunchi. O dată ajunşi peste genunchi, se trag în sus pe picior, iar în cazul pantalonilor cu bretele, acestea se potrivesc pe umăr;

b) *cizmuliţele* se rulează „pe dos“ până peste călcâi. Se introduce piciorul în cizmuliţă cât mai adânc, iar apoi se trage cizmuliţa peste călcâi şi gleznă. Cizmuliţa trebuie să stea sub pantaloni;

c) *vesta* de la costumul din neopren se îmbracă ca o haină obişnuită, fiecare mânecă pe rând. După închiderea fermoarului, se prinde vesta între picioare;

d) *cagula,* atunci când nu este încorporată la vesta din neopren, se trage peste cap dinspre faţă către spatele capului, în aşa fel încât să împingă părul pe spate. Jupa cagulei trebuie prinsă sub gulerul vestei;

e) *vesta de salvare* se umflă mai întâi complet cu aer pentru a se verifica dacă după umflare aceasta nu va fi prea strânsă (în cazul în care scufundătorul se echipează cu vesta neumflată);

f) *centura de lestare* se pune înaintea labelor de înot. Aceasta trebuie fixată în aşa fel încât să nu fie prinsă accidental de o altă piesă de echipament. Greutăţile din plumb trebuie aşezate echidistant, puţin înspre faţă. De asemenea, centura nu trebuie să fie prea lungă;

g) *mănuşile* pentru scufundare se pun pe mâini la fel ca şi mănuşile obişnuite;

h) *vizorul,* împreună cu tubul de respirat, se fixează pe figură şi se reglează corespunzător. Jupa vizorului trebuie să fie bine fixată sub cagulă;

i) *labele de înot* se pun peste cizmuliţe după ce mai întâi picioarele şi cizmuliţele au fost udate. Apoi se reglează bareta.

După efectuarea scufundărilor, dezechiparea se face în ordine inversă echipării. Apoi, se clătesc elementele componente ale echipamentului cu apă dulce, curată. Costumul din neopren se spală atât la interior cât şi la exterior şi apoi se atârnă la uscat într-un loc deschis, la umbră.

1.7.2. Procedee de scufundare liberă

Intrarea scufundătorilor în apă, de pe marginea bazinului, din barcă, şalupă, ponton sau de pe stâncă, plajă etc., se poate efectua prin utilizarea celui mai potrivit procedeu dintre procedeele cunoscute de intrare (salt cu picioarele

înainte, basculare pe spate, intrare din poziţia şezând, intrare de pe plajă, intrare pe scară) prezentate detaliat în paragraful 2.7.2.

• Pătrunderea sub apă

O dată scufundătorul intrat în apă, pătrunderea acestuia de la suprafața apei către adâncime (scufundarea propriu-zisă) se efectuează prin două procedee: cu capul înainte (în echer), sau cu picioarele înainte (în focă). Scopul ambelor metode este acela de a ridica corpul cât mai mult afară din apă, în aşa fel încât greutatea acestuia să contribuie cât mai eficient la pătrunderea scufundătorului sub apă. Dacă este efectuată corect, metoda de scufundare cu capul înainte poate permite atingerea unei adâncimi de 5 ... 7 metri fără a folosi labele.

- *Metoda scufundării cu capul înainte* (Fig. 1.30), se începe din poziția de înot la suprafața apei, cu corpul orizontal şi cu fața în jos. Se îndoaie corpul puternic de la mijloc, împingând capul, mâinile şi pieptul în jos. Apoi se saltă picioarele vertical din apă, prin aceasta împingându-se întregul corp în jos. Reuşita acestui procedeu depinde de cât de mult sunt scoase picioarele afară din apă. Pentru o scufundare mai profundă se pot folosi şi labele. Brațele sunt întinse înainte şi pot fi folosite pentru a înlesni coborârea sau pentru protejarea scufundătorului de eventualele obstacole ce pot apărea în calea lui.

- *Metoda scufundării cu picioarele înainte* (Fig. 1.31), se foloseşte în special acolo unde adâncimea nu este cunoscută, acolo unde suprafața liberă a apei este limitată la o suprafață atât de mică încât nu este posibilă plutirea orizontală la suprafață sau acolo unde există concentrări mari de plante subacvatice. O flotabilitate nulă sau uşor negativă, va permite menținerea corpului într-o poziție cu picioarele în jos. Scopul procedeului este de a ridica corpul cât mai mult afară din apă. De aceea se începe procedeul prin depărtarea picioarelor şi aducerea mâinilor în sus. Apoi se bate puternic din labe şi se aduc mâinile în jos printr-o mişcare rapidă. În timp ce corpul iese afară din apă, mâinile sunt menținute pe lângă corp. Sub acțiunea greutății corpului, se coboară puternic sub suprafața apei. Pentru a mări adâncimea de coborâre se vor efectua mişcări ale mâinilor. Când coborârea cu picioarele înainte s-a terminat, se grupează corpul, se întoarce capul în jos şi se înoată direct către fund. Această metodă uşurează şi egalizarea urechilor, deoarece presiunea la nivelul capului este ceva mai mică decât în cazul intrării cu capul în jos.

• Ridicarea şi ieşirea la suprafața apei

O dată începută revenirea către suprafața apei, se întoarce corpul în poziția cu capul în sus şi se întinde o mână la verticală pentru a se asigura protecția în cazul existenței unor eventuale obstacole situate la suprafața apei (ambarcațiuni, pontoane, alți scafandri etc.). De asemenea, se priveşte în sus şi se ascultă dacă trec prin zonă ambarcațiuni cu motor. După ieşirea la suprafață, se videază tubul respirator şi se respiră ritmic. Se va lăsa vizorul pe figură menținându-se fața în apă. Se respiră relaxat profitându-se de flotabilitatea naturală a corpului. Dacă se intenționează staționarea un timp mai îndelungat la suprafața apei, se umflă vesta de salvare.

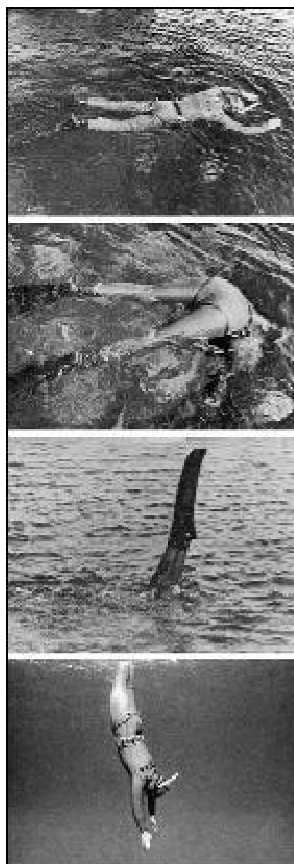


Fig. 1.30. Metoda scufundării cu capul înainte



Fig. 1.31. Metoda scufundării cu capul înainte

1.7.3. Sfaturi generale pentru practicarea scufundării libere

Scufundarea liberă, în apnee, este o activitate care trebuie practicată cu multă prudență. De aceea, pentru scufundătorii care-şi propun să efectueze astfel de scufundări, se prezintă în continuare câteva sfaturi generale ce trebuie neapărat respectate:

- înainte de perioada în care urmează să se efectueze scufundări în apnee este necesară realizarea unei pregătiri fizice dirijate (înot, jogging);
- scufundarea în apnee trebuie practicată întotdeauna în doi (cel puțin). În timpul scufundării, cel de-al doilea scufundător supraveghează de la suprafață scufundătorul aflat în imersie;
- la coborârea sub apă nu trebuie aşteptat să apară durerile de urechi pentru a echilibra presiunea apei care acționează pe timpane. În tot timpul coborârii trebuie efectuată compensarea vizorului, suflând aer pe nas;
- nu trebuie practicată hiperventilarea, adică efectuarea de inspirații şi expirații forțate înainte de imersie, deoarece există riscul apariției unei sincope la suprafață sau sub apă, în timpul ridicării la suprafață;
- scufundătorul în apnee trebuie să se pregătească să respire fără a exagera inspirația şi expirația relaxându-se în poziție orizontală cu fața în sus la suprafața apei;
- nu trebuie efectuate scufundări după o expunere prelungită la soare,

existând pericolul unui şoc termic;

- după masă trebuie să se aştepte trei până la patru ore. Aceasta deoarece digestia mobilizează o parte a masei sanguine, fapt ce este în general puțin favorabil practicării unei activități sportive;
- prezența scufundătorului trebuie semnalizată ambarcațiunilor printr-o geamandură;
- nu trebuie niciodată atinse sau depăşite limitele proprii fiecărui scufundător. Nu trebuie să se urmărească atingerea a 8 sau 10 metri încă de la primele scufundări în apnee. Pentru cei care au atins deja aceste adâncimi şi urmăresc creşterea adâncimii de scufundare, este necesară o pregătire fizică specială.

2. ECHIPAMENTUL INDIVIDUAL SPECIFIC SCUFUNDĂRII AUTONOME CU AER COMPRIMAT

Indiferent de nivelul de confort pe care l-ar avea un scufundãtor bine antrenat ce efectueazã scufundãri libere, în apnee, timpul pe care acesta îl are la dispoziție pentru desfãşurarea anumitor activitãți este relativ scurt, el trebuind să revină foarte des la suprafață pentru a respira.

Problema rămânerii sub apă un timp mai îndelungat a fost rezolvată cu mult timp înainte ca scufundarea liberă să devină un sport. În acest scop, au fost concepute diferite clopote de scufundare, vehicule subacvatice şi căşti de scafandru pentru scufundări la mare adâncime, dar toate aceste echipamente permiteau respirația scafandrului prin alimentare de la suprafață, având un dezavantaj important: limitarea libertății de mişcare.

Scufundările cu scop sportiv şi cele profesionale aveau nevoie în mod imperios de un aparat de respirat sub apă prevăzut cu o rezervă de aer comprimat care să-i asigure scafandrului o autonomie convenabilă şi o libertate de mişcare ridicată.

Aceste deziderate au fost îndeplinite prin inventarea aparatului autonom de respirat sub apă cu aer comprimat. De-a lungul anilor acest aparat a suferit completări şi modernizări continue, asigurând astăzi un ridicat nivel de confort şi siguranță în exploatare.

În cadrul acestui capitol sunt prezentate aparatele de respirat sub apă, instrumentele şi accesoriile de echipament utilizate în scufundarea autonomă, insistându-se asupra elementelor constructive, principiilor de funcționare şi regulilor de utilizare şi întreținere a diferitelor componente de echipament. Pe baza unor analize comparative, cu scoaterea în evidență a avantajelor şi dezavantajelor utilizării diverselor tipuri de echipament, au rezultat şi unele recomandări de ordin general.

2.1. Scurt istoric al aparatelor autonome de respirat sub apă

Aparatele autonome de respirat sub apă sunt acele dispozitive respiratorii utilizate în scufundare, având propria lor rezervă de gaz respirator şi deci fiind independente de orice alimentare de la suprafață. Din această categorie generală de aparate de respirat sub apă fac parte diferite tipuri de aparate, fiecare comportând diferite riscuri şi inconveniente. Astfel, din această categorie face parte, în primul rând, aparatul autonom cu circuit deschis prevæzut cu un recipient cu aer comprimat ce este livrat la debit constant. Un astfel de aparat

(Fig. 2.1) a fost inventat în anul 1825 printr-un brevet al englezului W. H. James care a formulat pentru prima oară şi principiul costumului cu volum constant. Tot din această categorie face parte şi aparatul de respirat cu circuit închis ce permite scafandrului să respire un gaz reciclat, în general oxigen comprimat sau un amestec dozat în mod automat, gazul fiind purificat de bioxid de carbon prin trecerea sa printr-o substanță absorbantă cum ar fi calcea sodată (varul sodat). Primul prototip al unui astfel de aparat a fost creat în anul 1842 de către Français Sandala.

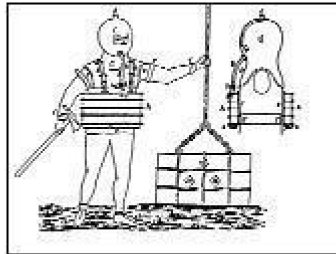


Fig. 2.1. Echipamentul autonom de respirat sub apă al lui W.H.James (1825)

În continuare, se va face numai prezentarea istorică a aparatelor autonome de respirat sub apă de tipul celor utilizate în mod curent astăzi în scufundare, constând dintr-o butelie cu aer comprimat prevăzută cu un detentor mecanic ce debitează aer comprimat la cerere, după nevoile respirației şi la o presiune egală cu presiunea ambiantă.

În secolele XVIII şi XIX, o serie de inventatori au încercat să creeze astfel de aparate, cu rezultate mai mult sau mai puțin bune, cu ajutorul unui rezervor intermediar constând dintr-o vezică de porc suplă sau dintr-un sac din pânză impermeabilă. Astfel, în anii 1828-1829, Marina Națională franceză a experimentat aparatul „pneumato-nautic“ conceput de Lemair d'Augerville. Acest aparat, o dată debitul reglat, funcționa destul de corect la adâncime constantă dar cu variații continue şi supărătoare de flotabilitate şi cu obligația manipulării în permanență a robinetului de umplere a rezervorului flexibil, la schimbarea adâncimii.

În anul 1860, Benoît Rouquayrol a inventat „regulatorul pentru curgerea gazului comprimat“, piesă principală a unui aparat de salvare destinat minerilor. Acestuia i s-a asociat apoi Auguste Denayrouze pentru a transforma acest prim aparat într-un aparat de scufundare submarină. Astfel, la 14 aprilie 1860, a fost depus un brevet al unui regulator constând dintr-un etaj de detentă, ce va echipa un aparat de respirat. Acest aparat va fi perfecționat continuu ajungându-se la aparatul de scufundare Rouquayrol-Denayrouze scos pe piață pentru prima oară în anul 1864.

În anul 1870, Rouquayrol şi Denayrouze au pus la punct un aparat numit „aeroforul“. Aparatul lor de respirat sub apă, în varianta autonomă (Fig. 2.2), corespunde exact, ca principiu, aparatului de scufundare autonomă de astăzi. Acest aparat putea fi utilizat nu numai autonom, ci şi cu o alimentare prin pompă de la suprafață, prin intermediul unui furtun gros din cauciuc, cu avantajul unei lungi durate de scufundare, dar cu inconvenientul unei mari jene la mişcare.

Varianta autonomă a primului „aparat cu presiune joasă“ nu oferea o autonomie suficientă (mai puțin de un sfert de oră la adâncimea de 10 metri). A urmat apoi un aparat mult mai performant, „aparatul respirator cu presiune mare“, care permitea atingerea adâncimii de 40 metri sau lucrul pe o perioadă de peste o oră la adâncimea de 10 metri.

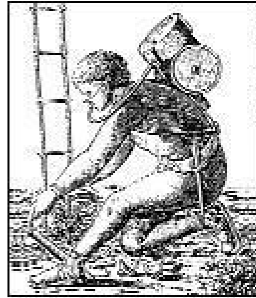


Fig. 2.2. Aparatul de respirat sub apă inventat de B. Rouquayrol şi A. Denayrouze (1870)

În anul 1926, ofițerul de marină Yves le Prieur a pus la punct un aparat autonom de respirat sub apă cu manodetentor, la debit constant cu circuit deschis (Fig. 2.3), inspirat de aparatul lui Fernez, dar alimentat dintr-o butelie Michelin. Varianta perfecționată a acestui aparat, din anul 1933, a fost aprobată de Marina Națională franceză în ciuda slabelor performanțe ale aparatului, zece minute autonomie la adâncimea de 12 m, datorită faptului că o mare cantitate de aer se pierdea sub formă de bule între momentele de inspirare ale scafandrului.

În anul 1942, comandantul Jacques Yves Cousteau împreună cu inginerul Emile Gagnan au conceput un detentor inspirat dintr-un regulator construit pentru alimentarea cu gaz de iluminat a motoarelor de automobile. Acest detentor a fost adaptat la utilizarea sub apă, în anul 1943 şi apoi a suferit o serie de perfecționări ajungându-se în anul 1945 la renumitul detentor Cousteau-Gagnan, CG45. Acesta va fi urmat de alte variante perfecționate şi anume de detentoarele Mistral şi Super Mistral de tipul „detentor dorsal“ cu un singur etaj şi apoi de detentorul Aquilon cu două etaje separate. Aparatul Cousteau-Gagnan (Fig. 2.4) stă la baza tuturor aparatelor de respirat, cu aer comprimat, utilizate astăzi în scufundarea autonomă.



Fig.2.3. Aparatul de respirat sub apă inventat de Yves le Prieur (1925)

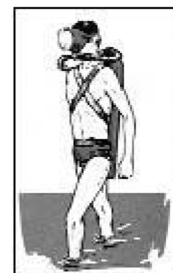


Fig. 2.4. Aparatul autonom de respirat sub apă Cousteau-Gagnan (1945)

2.2. Aparate de respirat sub apă utilizate în scufundarea autonomă cu aer comprimat

Aparatul de respirat sub apæ cu aer comprimat (Fig. 2.5) utilizat în scufundările autonome, este un aparat de scufundare de tipul aparatului Cousteau-Gagnan. Acest tip de aparat face parte din categoria aparatelor de respirat cu circuit deschis, la care amestecul gazos expirat de către scafandru este eliminat în întregime în mediul acvatic exterior. De asemenea, aparatul autonom de respirat sub apă tip Cousteau-Gagnan este un aparat cu livrarea aerului „la cerere". Astfel, acest tip de aparat furnizează scafandrului aer numai atunci când acesta inspiră, la o presiune egală cu presiunea hidrostatică corespunzătoare adâncimii la care se află. Acest tip de aparat autonom de respirat sub apă, cu circuit deschis şi cu livrarea aerului „la cerere", este folosit în scufundările sportive şi tehnologice, civile şi militare, atât de scafandrii amatori cât şi de scafandrii profesionişti.

Indiferent de soluțiile constructive adoptate la realizarea componentelor aparatului de respirat în circuit deschis cu aer comprimat, acesta are în alcătuirea sa două elemente componente de bază şi anume butelia (sau bateria de butelii) şi detentorul. Butelia este un recipient ce are rolul de a stoca aerul comprimat la o presiune suficient de mare încât să asigure scafandrului o autonomie convenabilă, iar detentorul este un regulator de presiune automat ce are rolul de a livra aer scafandrului la o presiune egală cu presiunea ambiantă.



Fig. 2.5. Aparate autonome de respirat sub apă cu aer comprimat

2.3. Butelia pentru stocarea aerului comprimat, aferentă aparatului autonom de respirat sub apă

Butelia de stocare a aerului comprimat (Fig. 2.6), componentă a aparatului autonom de respirat sub apă, a suferit unele modificări de-a lungul timpului față de butelia aparatului Cousteau-Gagnan. Până în anul 1970, buteliile erau construite numai din oțel. După anul 1970, buteliile au fost realizate şi din aliaje de aluminiu, iar mai recent din aliaje de titan sau din materiale speciale, cu fibre de carbon.



Fig. 2.6. Diferite tipuri de butelii pentru scufundare

2.3.1. Alegerea tipului de butelie pentru scufundare

La alegerea tipului de butelie pentru aparatul autonom de respirat sub ap, trebuie ținut cont de două criterii: capacitatea buteliei de stocare a aerului comprimat şi materialul din care aceasta este realizată. Capacitatea buteliei se stabileşte pentru situația în care butelia este încărcată cu aer comprimat la presiunea maximă, funcție de cantitatea de aer ce se doreşte a fi stocată. Capacitatea buteliei este exprimată în litri de aer la condiții normale (l_N), adică la presiunea atmosferică şi la 20ºC. Astfel, capacitatea unei butelii pentru scufundare poate fi cuprinsă între aproximativ 400 l_N până la aproximativ 3 000 l_N. Neîncărcate, buteliile au o capacitate de 3 ... 15 l_N, ceea ce reprezintă volumul interior al buteliei. Butelia cu capacitatea de 2 000 l_N este cea mai des utilizată butelie de scufundare. Această butelie realizată din oțel, cântăreşte goală circa 13 kg iar plină aproximativ 16 kg, are o lungime de circa 60 cm şi un diametru de aproximativ 20 cm. Această butelie poate fi încărcată cu aer până la presiunea de 150 bar (în scară manometrică) sau până la presiunea de 200 bar (sc. man.). Durata autonomiei scafandrului, asigurată de aerul comprimat din butelie, variază în funcție de adâncimea de imersie, durata scufundării, capacitatea plămânilor, activitatea depusă de scafandru, temperatura apei etc.

Tabelul 2.1

Capacitățile standard ale buteliilor de scufundare

Sistem monobutelie		**Sistem bibutelie**	
Volum interior butelie (l)	**Capacitate la condiții normale şi pentru umplere la 200 bar (sc.man.)** (l)	**Volum interior butelii** (l)	**Capacitate la condiții normale şi pentru umplere la 200 bar (sc.man.)** (l)
7	1 400	2 x 7	2 800
8	1 600	2 x 8	3 200
9	1 800	2 x 9	3 600
10	2 000	2 x 10	4 000
12	2 400	2 x 12	4 800
15	3 000		

Pentru a forma o rezervă de aer mai importantă, buteliile pot fi legate în baterie câte două sau chiar trei. În tabelul 2.1, sunt prezentate capacitățile standard ale diferitelor tipuri de butelii utilizate în scufundarea autonomă, în varianta monobutelie şi în varianta bibutelie. Buteliile de scufundare sunt, de asemenea, prevăzute la partea lor inferioară cu suporți (Fig. 2.6) care au rolul de a le proteja la lovituri şi de a le menține în poziție verticală atunci când sunt depuse pe o suprafață solidă orizontală. Există şi suporți perforați care sunt de preferat celor neperforați deoarece aceştia din urmă păstrează apa pătrunsă între butelie şi suport, ceea ce produce în timp corodarea locală a buteliei.

2.3.2. Protecția buteliilor contra fenomenului de coroziune

Din punct de vedere al fenomenului de coroziune, buteliile din oțel diferă de buteliile din aluminiu prin aceea că pe oțel se formează rugina, iar pe aluminiu se formează oxidul de aluminiu.

Când oțelul din care este executată butelia este supus fenomenului de coroziune, oxigenul se combină cu acesta formând o nouă substanță, numită rugină. Rugina este mult mai moale decât oțelul şi de aceea se sfărâmă şi cade. Apa sărată accentuează procesul de coroziune. Cu o cantitate suficientă de oxigen, apă şi sare, rugina poate penetra treptat peretele buteliei. În cazul buteliilor din aluminiu, atunci când oxigenul intră în combinație cu aluminiul, se formează oxidul de aluminiu, de culoare cenuşie. Acest oxid care se formează în interiorul buteliei, rămâne fixat pe metal nepermițând oxigenului să intre din nou în contact cu aluminiul. Din această cauză, stratul de oxid de aluminiu împiedică continuarea fenomenului de coroziune atât timp cât acest strat cu rol de protecție nu este îndepărtat.

Important: Buteliile din aluminiu nu trebuie expuse la foc sau la temperaturi mai mari de 170ºC. În cazul în care buteliile au fost recondiționate sau au fost expuse la temperaturi înalte, trebuie testate la presiune hidrostatică înainte de a fi încărcate cu aer comprimat. Buteliile, fie din aluminiu, fie din oțel, nu trebuie supuse nici unei modificări. În caz contrar, la umplerea cu aer comprimat poate avea loc spargerea buteliei care poate provoca accidente deosebit de grave.

Buteliile de scufundare trebuie acoperite la interior şi la exterior cu anumite straturi de protecție. Buteliile din oțel trebuie galvanizate la exterior pentru a le proteja de coroziune, iar peste stratul de zinc se poate aplica un strat de vinyl sau de epoxy cu o anumită culoare, strat ce asigură o protecție suplimentară. Aceste straturi prezintă însă dezavantajul că, în cazul în care sunt zgâriate, se poate forma rugina sub ele. Nu se recomandă folosirea vopselei obişnuite, pentru că nu este destul de rezistentă pentru a proteja butelia la coroziune. Umezeala poate pătrunde şi în acest caz sub vopsea formând rugină într-un loc unde nu poate fi văzută. Buteliile din oțel nu se galvanizează la interior deoarece zincul este toxic în cantități mari. Se poate folosi epoxy pentru protecție anticorozivă cu condiția ca stratul de epoxy aplicat la interior să adere perfect la metal. Buteliile din aluminiu trebuie să fie prevăzute la exterior cu un strat de vinyl sau epoxy. Ele se metalizează la interior printr-un procedeu de oxidare anodică.

2.3.3. Inscripționarea buteliilor de scufundare

Buteliile cu aer comprimat, ca orice recipient de înaltæ presiune, trebuie inscripționate la partea lor superioară. Această inscripționare conține o serie de numere, litere şi simboluri care descriu şi identifică butelia şi, de asemenea, constituie o evidență a testelor hidraulice.

Buteliile de scufundare fabricate în România vor fi marcate prin poansonare, conform prescripțiilor tehnice ISCIR, cu următoarele date (Fig. 2.7):

- denumirea sau emblema firmei constructoare ( )
- anul şi numărul de fabricație (84/1459);
- simbolul tratamentului termic (I);
- limita de curgere a materialului, în N/mm² (770);
- simbolul materialului corpului buteliei (44 Cr6);
- grosimea minimă a peretelui, în mm (5,3);
- masa buteliei goale, în kg (12,2);
- capacitatea în litri (12 LTR);
- denumirea gazului cu care se va încărca (AER);
- presiunea de încărcare (*P.I.*) în bar în sc. man. (200 bar);
- presiunea de încercare hidraulicæ (*P.P.*), în bar în sc. man. (300 bar);
- poansonul organului de verificare (O);
- data (luna, anul) verificării şi scadența verificării (6-93-98).

Buteliile de scufundare fabricate în alte țări sunt inscripționate în mod asemănător cu cele fabricate în România, conform prescripțiilor tehnice specifice țării respective.

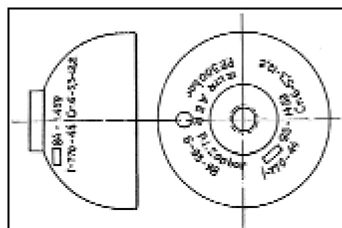


Fig. 2.7. Exemplu de inscripționare a buteliei

2.3.4. Robinetele aferente buteliilor de scufundare (Manifold)

Buteliile de scufundare sunt prevăzute la partea superioară cu un robinet pentru deschiderea şi închiderea accesului aerului către detentor. Acest robinet este înfiletat în butelie pentru a crea posibilitatea detaşării lui în vederea schimbării sau pentru inspectarea interiorului buteliei. Acest robinet poate fi de două tipuri: robinet fără sistem de rezervă şi robinet cu sistem de rezervă.

Robinetul fără sistem de rezervă (Fig. 2.8) este un robinet simplu prin manevrarea căruia se realizează doar deschiderea şi închiderea accesului aerului către detentor.

Robinetul cu sistem de rezervă (Fig. 2.9) este un mecanism care are ca scop să evite ca scafandrul să consume, fără a fi prevenit, totalitatea aerului utilizabil din butelie. Atunci când în butelie rămâne o cantitate redusă de aer, ceea ce corespunde cu o presiune a aerului stocat în butelie de aproximativ 30 bar (sc.

man.), scafandrul este incomodat în respirație. Atunci, el va trebui să tragă de o tijă care coboară un levier ce acționează rezerva, permițând astfel utilizarea celei mai mari părți a acestui ultim volum de aer devenit disponibil.

Robinetul cu sistem de rezervă funcționează în felul următor: prin deschiderea robinetului, presiunea ridicată din butelie împinge asupra pistonului, învingând rezistența arcului tarat, prin aceasta deschizând accesul aerului comprimat din butelie către detentor. Atunci când presiunea din butelie scade sub 30 bar (sc. man.), pistonul sistemului de rezervă tinde să închidă accesul aerului către detentor. În acest moment scafandrul începe să resimtă un inconfort respirator. Pentru a redeschide accesul aerului la detentor, scafandrul acționează tija care roteşte levierul cu un sfert de tură, suficient pentru a îndepărta pistonul şi a redeschide circuitul aerului.

După efectuarea manevrei de deschidere a rezervei, scafandrul trebuie să se ridice către suprafața apei. Înaintea oricărei scufundări, scafandrul trebuie să se asigure că sistemul de rezervă se află în poziția „închis".



Fig. 2.8. Robinet fără rezervă

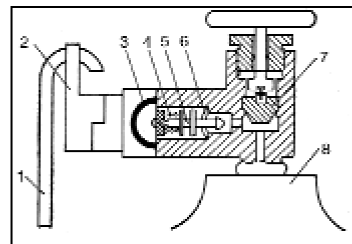


Fig. 2.9. Robinet cu rezervă
1-tijă; 2-levier; 3-garnitură pentru umplere; 4-arc tarat; 5-piston; 6-rampă; 7-robinet butelie; 8-butelie

Un alt sistem de siguranță ce permite indicarea începerii consumului de aer din rezervă, îl reprezintă sistemul de avertizare sonoră. Acest sistem este ataşat, la unele detentoare, etajului întâi. În momentul în care stocajul de aer din butelii scade sub o anumitæ limită, sistemul de rezervă declanşează un semnal sonor la fiecare inspirație, avertizând scafandrul că respiră din rezerva de aer şi deci este momentul pentru începerea urcării către suprafața apei.

Atât robinetele fără sistem de rezervă cât şi robinetele cu sistem de rezervă sunt prevăzute cu câte două O-ringuri (garnituri inelare cu secțiune circulară), plasate unul între butelie şi robinet şi altul între robinet şi detentor pentru asigurarea etanşeității.

Ambele tipuri de robinete sunt prevăzute, de asemenea, cu o supapă de suprapresiune astfel construită încât să preîntâmpine supraîncărcarea buteliilor peste presiunea de siguranță sau apariția unei suprapresiuni a aerului existent în butelii prin încălzirea acestora. Supapele de suprapresiune sunt concepute să funcționeze la presiunea de siguranță egală cu 1,25 ... 1,50 din presiunea de încărcare. Acest sistem de siguranță protejează buteliile contra producerii unor eventuale explozii.

De asemenea, robinetele sunt prevăzute la partea inferioară cu o prelungire,

în interiorul buteliei, lungă de aproximativ 5 cm, având rolul de a împiedica apa, rugina sau alte impurități aflate în butelie să pătrundă în detentor (Fig. 2.8).

Pentru bateriile de butelii alcătuite din două sau trei butelii, se utilizează un ansamblu de piese de racordare, garnituri, țevi şi robinete care realizează unirea etanşă a acestora. Robinetele şi dispozitivele prezentate mai sus se mai numesc, într-un cuvânt, *manifold* (Fig. 2.10).

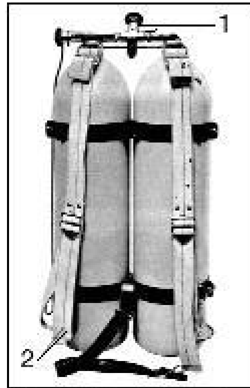


Fig. 2.10. Baterie de două butelii cu manifold şi harnaşament clasic

2.3.5. Suportul pentru fixarea buteliilor de scufundare pe spatele scafandrului (back-pack)

Aparatele clasice de scufundare sunt prevăzute cu un ansamblu de curele (harnaşament) pentru fixarea buteliilor pe spatele scafandrului. Acest *harnaşament clasic* (Fig. 2.10) este alcătuit din două curele rezistente şi reglabile ca lungime şi dintr-o curea, de asemenea reglabilă, care se trece printre picioare fiind fixată de catarama centurii de lestare. Acest sistem clasic de fixare prezintă dezavantajul că permite o mobilitate mai mare a buteliei, afectând astfel echilibrul şi confortul scafandrului atât în imersie cât şi la suprafața apei.

Back-pack-ul modern (Fig. 2.11) este un suport anatomic, mai confortabil şi mai stabil, ce asigură o mai bună fixare a buteliilor de scufundare pe spatele scafandrului. Back-pack-ul este prevăzut cu două curele ajustabile care trec peste umeri şi cu o centură pusă în jurul taliei. Acesta este prevăzut cu catarame cu deschidere rapidă, atât la centura de la talie cât şi la curelele de la umăr, care să poată fi utilizate în caz de urgență. Susținerea buteliei la back-pack se face printr-un colier metalic care se poate strânge cu o cataramă reglabilă. Materialele din care sunt confecționate catarama şi colierul trebuie să fie rezistente la coroziune.

Înainte de scufundare, colierul de prindere a buteliei trebuie să fie bine strâns. Butelia trebuie astfel fixată încât să se înlăture posibilitatea ca scafandrul să lovească cu capul robinetul buteliei.



Fig. 2.11 Back-pack modern

Butelia sau bateria de butelii se poate pune pe spatele scafandrului fie pe uscat, fie în apă. Dacă punerea buteliilor se face pe uscat, această operație se va efectua cu ajutorul unui alt scafandru care va susține butelia, în timp ce curelele şi centura sunt prinse pe umeri şi respectiv la talie.
Apoi urmează ajustarea acestora, asigurându-se o fixare corespunzătoare a buteliilor pe spatele scafandrului. În apă, butelia se poate pune pe spate stând la suprafața apei şi având butelia în față, cu back-pack-ul îndreptat în sus. Se pune detentorul în gură, având robinetul deschis şi se petrec mâinile pe sub curelele de umăr până la coate. Trebuie avut grijă ca furtunul detentorului să fie situat între mâini. Se coboară puțin sub nivelul apei şi se trece butelia peste cap, pe spate (Fig. 2.12). Se verifică dacă curelele nu sunt încurcate, apoi se strânge centura la talie.

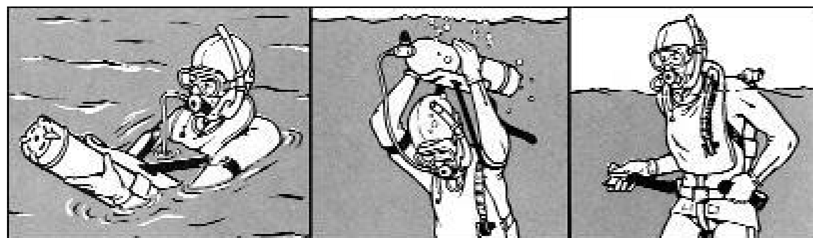


Fig. 2.12. Punerea buteliei de scufundare pe spate, la suprafața apei

2.3.6. Întreținerea şi verificarea buteliilor de scufundare

Principalul mijloc de a întreține în condiții bune o butelie este de a o feri de umezeală la interior. Ca şi restul echipamentului, butelia trebuie clătită la exterior cu apă dulce, curată după fiecare scufundare şi eventual spălată cu săpun dacă este murdară. Pentru a nu crea posibilitatea ca apa să pătrundă în robinet şi în interiorul buteliei, trebuie lăsat în butelie aer la o presiune de aproximativ 7 bar (sc. man.). Există posibilitatea apariției apei în interiorul buteliei prin deschiderea bruscă şi deci evacuarea rapidă a aerului din butelie. Acest fenomen se produce deoarece, atunci când se deschide robinetul de evacuare a aerului, are loc o scădere a presiunii aerului umed din butelie însoțită de o scădere a temperaturii acestuia. Atunci când temperatura atinge valoarea punctului de rouă, apare fenomenul de condensare, o parte din vaporii conținuți în aer transformându-se în fază lichidă. Pentru evitarea acestui fenomen nociv, fie se realizează o eliminare treptată, lentă a aerului din butelie, fie se introduce butelia în apă limitând astfel scăderea temperaturii pe timpul evacuării aerului.

Când sunt transportate cu maşina, buteliile trebuie aşezate în interiorul maşinii sau în portbagaj în poziție orizontală, cu robinetul îndreptat spre spatele maşinii. Robinetul trebuie acoperit cu o cârpă sau cu un prosop, iar butelia trebuie fixată pentru a nu se rostogoli.

Atât buteliile din oțel cât şi cele din aluminiu trebuie inspectate în fiecare an pentru a se constata dacă sunt curate, fără rugină şi dacă se mai pot efectua cu ele scufundări în condiții de siguranță. Este cu mult mai uşor să se prevină corodarea unei butelii dacât să se efectueze reparații ulterioare. Inspectarea în interior a unei butelii se poate face şi pe parcurs, înainte de inspecția anuală obligatorie. Se deschide robinetul şi se observă aspectul aerului evacuat din butelie. Dacă aerul prezintă o culoare albă, înseamnă că acesta este umed, iar dacă este incolor înseamnă că este uscat. Dacă aerul prezintă miros umed şi metalic, înseamnă că în interiorul buteliei se află apă, ulei sau s-a format rugină. Întorcând butelia invers, nu trebuie să se audă nici un zgomot în interior. De asemenea, trebuie verificată existența O-ringurilor.

Fiecare posesor de butelie este responsabil de starea acesteia. Toate buteliile de scufundare cu aer trebuie verificate periodic, la fiecare cinci ani.

Verificarea buteliilor de scufundare se efectuează la întreprinderile care încarcă butelii şi care au o secție specială pentru verificarea şi repararea buteliilor, sau în centre de scufundare autorizate ISCIR.

Verificarea periodică a buteliilor de scufundare constă din:

- verificarea inscripționării;
- verificarea stării generale a buteliei;
- verificarea masei şi a capacității;
- încercarea de presiune hidraulică.

Încercarea de presiune hidraulică se va executa la o presiune de încercare, *P.P.*, cu 50% mai mare ca presiunea maximă admisibilă de încărcare, *P.I.*:

$$P.P. = 1{,}5 \cdot P.I.$$

Spre exemplu, dacă presiunea maximă de încărcare *P.P.* = 200 bar (sc. man.), presiunea de încercare va fi *P.P.* = 1,5 · 200 = 300 bar (sc. man.).

Când rezultatele încercărilor sunt satisfăcătoare, butelia poate fi autorizată să funcționeze. Pe ea se va bate:

- poansonul organului de verificare;
- data verificării şi scadența viitoare.

2.3.7. Caracteristicile aerului respirator comprimat în buteliilede scufundare

Aerul respirator utilizat în scufundare trebuie să fie curat, uscat şi filtrat astfel încât să nu conțină oxid de carbon, bioxid de carbon, ulei, apă şi alte impurități în cantități peste valorile indicate de normativele specializate. Astfel, normele EN 12021 prevăd următoarele cantități maxime de impurități în aerul comprimat utilizat în scufundare:

- oxid de carbon (CO) = 15 ml/m³ (15 ppm);
- bioxid de carbon (CO_2) = 500ml/m³ (500);
- apă = 25 mg/m³ pentru presiunea de 200 şi 300 bar (sc. man.);
- ulei = 0,5 mg/m³.

De asemenea, aerul utilizat în scufundare trebuie să fie fără gust şi fără miros (insipid şi inodor).

Buteliile de scufundare destinate umplerii cu aer comprimat trebuie încărcate numai cu aer. Pentru oxigen pur sau alte amestecuri respiratorii se folosesc butelii special construite şi echipate. Din momentul în care este aspirat din atmosferă, apoi comprimat în butelii şi inspirat printr-un detentor de către scafandru, aerul se poate contamina. Pentru a preveni această contaminare trebuie respectate regulile prezentate în continuare:

- în timpul încărcării buteliilor, aspirația compresoarelor să nu se facă dintr-un mediu poluat. Oxidul de carbon (CO) emanat de automobile, generatoare electrice, ambarcațiuni cu motor sau chiar de însuşi motorul compresorului (atunci când este antrenat de un motor cu ardere internă), nu trebuie să pătrundă în compresor. Acesta se dizolvă în sânge de 200 de ori mai repede decât oxigenul ăi, nepermițând oxigenului să ajungă în țesuturile corpului, în final îl intoxică. Intoxicația cu oxid de carbon poate duce la pierderea cunoştinței şi la deces;
- înainte de a ieşi din compresor, aerul trebuie să fie filtrat în mai multe trepte: separator centrifugal, decantor, filtru final cu cărbune activ. Aceasta pentru a elimina orice exces de gaze nocive, apă, ulei, impurități, miros.

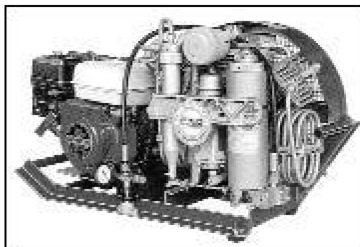
2.3.8. Compresoare pentru încărcarea buteliilor de scufundare

Compresoarele folosite pentru încărcarea cu aer a buteliilor de scufundare (Fig. 2.13) sunt prevăzute să ridice presiunea aerului în 3 ... 4 trepte de compresie, până la 200 bar (sc. man.) sau chiar 300 bar (sc. man.). Compresoarele sunt dotate cu sisteme de răcire a aerului comprimat şi cu supape de siguranță care se deschid atunci când presiunea aerului depăşeşte o anumită limită. Compresoarele pot fi portabile, antrenate de motoare cu ardere internă sau fixe, antrenate de motoare electrice.

Ungerea compresoarelor se face folosind numai uleiuri speciale. Folosirea altor tipuri de uleiuri poate duce la intoxicații pulmonare grave, cauzate de existența în aerul respirator a uleiurilor interzise.

În momentul de față au fost realizate o serie de tipuri de compresoare seci, fără lubrifiere (cu membrană, sau cu element de teflon).

Buteliile de scufundare se pot încărca şi de la butelii de stocaj sau de la o baterie de butelii de stocaj (rack). Buteliile de stocaj sunt butelii de mare capacitate, de 40 litri sau mai mult, care pot fi încărcate cu aer la presiune înaltă de până la 200 ... 300 bar (sc. man.).



Fif. 2.13. Compresor de înaltă presiune pentru umplerea buteliilor cu aer comprimat

2.4. Detentorul aparatului autonom de respirat sub apă

Detentorul este o componentă a aparatului de respirat sub apă concepută, pe de o parte, pentru a destinde aerul de la presiunea înaltă la care se află stocat în butelie, la presiunea corespunzătoare adâncimii la care se află scafandrul şi, pe de altă parte, pentru a permite o respiraţie fără efort cu o frecvenţă obişnuită. Este cunoscut faptul că pentru a putea respira normal în imersie, scafandrul are nevoie, în cavităţile respiratorii ale organismului (nas, trahee şi plămâni), de aer la o presiune egală cu presiunea corespunzătoare adâncimii de imersie la care acesta evoluează. Această presiune, depinzând de adâncimea de imersie, variază continuu. Detentorul aparatului autonom de respirat sub apă răspunde acestor cerinţe asigurând scafandrului aerul necesar respiraţiei în sistemul „la cerere“ şi la o presiune egală cu presiunea la care este supus scafandrul. Unele detentoare oferă posibilitatea de a inspira mai uşor şi mai confortabil decât altele. Despre un detentor din care se inspiră greu şi în care se expiră cu dificultate, se spune că prezintă o rezistenţă ridicată la respiraţie. Rezistenţa ridicată la respiraţie a detentorului, prin inconfortul respirator pe care-l crează, poate duce atât la oboseală cât şi la enervare în timpul scufundării.

Rezistenţa la respiraţie a detentorului este o caracteristică constructivă a acestuia, dar ea se poate modifica funcţie de mai mulţi factori. Astfel, scufundarea în apă rece precum şi activitatea intensă depusă de scafandru, duc la îngreunarea respiraţiei prin apariţia aşa-numitei gâfâieli, la care detentorul nu mai răspunde la fel de bine. Majoritatea detentoarelor au o foarte mică rezistenţă la respiraţie la suprafaţa apei, aceasta însă crescând pe măsură ce adâncimea de imersie creşte. Acest fenomen devine mult mai evident aproape de finalul unei scufundări efectuată la o adâncime relativ mare şi cu o durată destul de mare când, datorită consumului mai ridicat de aer, presiunea aerului din butelie este scăzută.

Toţi aceşti factori şi anume respiraţia deasă şi greoaie, presiunea ridicată a apei de la adâncimea de scufundare şi presiunea scăzută a aerului rămas stocat în butelie, duc la creşterea rezistenţei la respiraţie. La adâncime, confortul respirator este însă ameliorat prin creşterea presiunii parţiale a oxigenului din aerul de respirat.

2.4.1. Tipuri de detentoare. Elemente constructive şi funcţionale

Din punct de vedere constructiv, există două categorii principale de detentoare:

- *detentoare cu un singur etaj, monobloc,* la care aerul vine direct de la butelie şi este destins de la presiunea din butelie la presiunea ambiantă;
- *detentoare cu două etaje separate*, la care destinderea aerului, de la nivelul presiunii de stocare din butelie la nivelul presiunii ambiante, se realizează în două etaje. Astfel, în primul etaj, aerul este destins de la presiunea înaltă din butelie la o presiune cu 8 ... 12 bar peste valoarea presiunii exterioare, iar în al doilea etaj, aerul este destins din nou până la presiunea corespunzătoare adâncimii la care se află scafandrul. Acest sistem cu două etaje s-a dovedit a fi foarte confortabil şi sigur.

2.4.1.1. Detentorul cu un singur etaj (monobloc)

Detentorul cu un singur etaj, monobloc, (Fig 2.14) se prezintă sub forma unei carcase rotunde, de unde pleacă două furtune gofrate care se reunesc la o piesă bucală alcătuită dintr-un muştiuc şi un bloc de supape (supapele „inspir“ şi „expir“). La baza detentorului se află un jug care permite fixarea acestuia la robinetul buteliei. Mecanismul acestui detentor este astfel conceput încât să asigure destinderea directă a aerului de la presiunea înaltă din butelie la presiunea ambiantă la care respiră scafandrul. Detentorul cu un singur etaj (monobloc), are două camere separate printr-o membrană din cauciuc (Fig. 2.15). O cameră etanşă este în legătură cu aerul de respirat, iar cealaltă, prin intermediul unor orificii, permite presiunii hidrostatice ambiante să se exercite pe faţa exterioară a membranei. Aerul din butelie pătrunde în camera etanşă a detentorului prin intermediul unui clapet cu resort tarat, acționat de o membrană prin intermediul unui sistem de pârghii. Apăsarea asupra membranei, exercitată de presiunea hidrostatică ambiantă, sau de depresiunea creată în camera etanşă pe timpul inspirației, acționează, prin intermediul sistemului de pârghii, asupra clapetului, provocând admisia aerului respirator. Aerul respirator, destins în aval de clapet, este îndreptat spre o duză dirijată spre axul racordului de inspirație, care creează o depresiune asupra membranei (efect Venturi), diminuând astfel efortul inspirator. Racordul de expirație are la un capăt o supapă unisens de tip „cioc de rață“, din cauciuc, amplasată la partea superioară a membranei pentru a se evita gradientul de presiune dintre partea de inspirație şi cea de expirație a detentorului. Supapa de expirație „cioc de rață“ serveşte şi ca supapă de siguranță, în situația în care scafandrul revine la presiunea atmosferică fără să expire, provocând echilibrarea presiunii pe cele două fețe ale membranei prin eliminarea, în timpul ridicării, a surplusului de gaz respirator.

Detentorul cu un singur etaj (monobloc) are o serie de avantaje cum ar fi: robustețe, simplitate la reglaj şi între-ținere, confort respirator, bulele gazului expirat nu deranjează câmpul vizual al scafandrului. Dezavantajele detentorului cu un singul etaj (monobloc) sunt: gabarit mare, existența a două furtune de respirație care măreşte pericolul de agățare a acestora, rezistență suplimentară la inspirație, necesitatea unei poziționări precise, dependența debitului de aer respirator funcție de poziția scafandrului, ceea ce impune poziții precise în acțiunile de salvare (respirația în tandem de la acelaşi detentor cu pasarea piesei bucale) şi posibilitatea apariției de accidente de suprapresiune pulmonară la scafandrii neexperimentați prin utilizarea incorectă a detentorului în exercițiile de

schimbare a poziției aparatului. Aceste dezavantaje fac ca detentorul cu un singur etaj (monobloc) să fie mai puțin folosit decât detentorul cu două etaje separate.

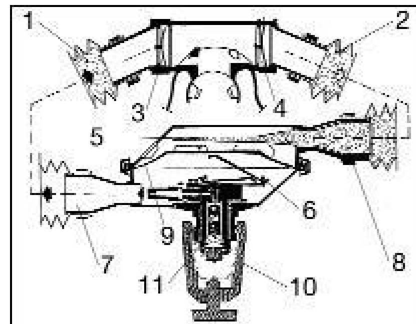


Fig.2.15.Schemă de principiu a detentorului cu un singur etaj.
1-furtun inspir; 2-furtun expir; 3-supapă inspir; 4-supapă expir; 5-supapă "cioc de rață"; 6-sistem pârghii; 7-racord inspir; 8-racord expir; 9-membrană; 10-jug; 11-reductor de presiune


Fig. 2.14. Detentor cu un singur etaj (monobloc)

2.4.1.2. Detentorul cu douæ etaje separate

Detentoarele cu douæ etaje separate (Fig. 2.16) pot fi de mai multe tipuri. Clasificarea lor se poate face dupæ mai multe criterii după cum urmează:

• după modul de funcționare al primului etaj:
- neechilibrat (necompensat);
- echilibrat (compensat);

• după construcția primului etaj:
- cu membrană şi clapet;
- cu piston clapet;

• după construcția etajului al doilea:
- cu clapet amonte;
- cu clapet aval.

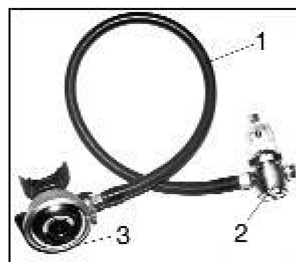


Fig. 2.16. Detentor cu două etaje separate.
1-furtun; 2-etaj I; 3-etaj II;

În cele ce urmează, se vor prezenta, pentru exemplificare, câteva tipuri constructive de etaj **I** şi de etaj **II**, precum şi principiile de funcționare ale acestora.

a) Tipuri de etaj I

În continuare sunt prezentate trei tipuri de etaj **I** aferent detentorului cu două etaje, un tip cu membrană şi douæ cu piston clapet.

• Primul etaj, de tip neechilibrat, cu membrană (Fig. 2.17). Acesta este prevăzut cu o membrană realizată dintr-un cauciuc flexibil. Pe fața exterioară a membranei aflată în contact cu apa din exterior, apasă un arc tarat astfel încât să mențină membrana nedeformată pentru o presiune a aerului pe fața interioară a membranei cu 8 ... 12 bar superioară presiunii mediului acvatic exterior. Atunci când scafandrul inspiră, presiunea din camera de joasă presiune şi deci de pe fața interioară a membranei, scade, iar acțiunea combinată a presiunii apei şi a arcului tarat asupra membranei împinge clapetul permițând debitarea aerului în camera de joasă presiune şi deci pe circuitul de joasă presiune ce alimentează etajul al doilea. Prin aceasta, are loc o creştere a presiunii pe fața interioară a membranei. Când această „presiune joasă“ devine suficient de mare pentru a compensa acțiunea arcului tarat, membrana revine la poziția de echilibru permițând clapetului să se reînchidă sub acțiunea arcului de revenire, oprind debitarea aerului către camera şi circuitul de joasă presiune, deci către etajul **II**.

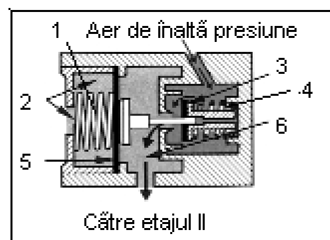


Fig. 2.17. Etaj I de tip neechilibrat, cu membrană. 1-arc tarat; 2-cameră cu apă la presiune ambiantă; 3-clapet; 4-arc de revenire; 5-membrană; 6-cameră de joasă presiune

• Primul etaj de tip neechilibrat cu piston clapet (Fig 2.18). Acesta are în componență, în loc de membrană, un piston solidar cu clapetul. Funcționarea acestui tip de etaj **I** este asemănătoare cu cea a detentorului cu piston clapet, de tip echilibrat şi este prezentată mai jos.

Cele două categorii de etaj **I** prezentate mai sus sunt de tip neechilibrat datorită faptului că în poziție „închis“ numai o față a clapetului se află în contact cu aerul de înaltă presiune din butelie, cealaltă față fiind în contact cu aerul din circuitul de joasă presiune, aceasta conducând la o deschidere mai dificilæ a clapetului ce este compensată prin mărirea suprafeței membranei sau pistonului şi prin creşterea forței arcului tarat. Acest tip de etaj **I** neechilibrat este în general mai voluminos şi, datorită lipsei compensării naturale, poate introduce o variație uşoară a presiunii aerului debitat pe circuitul de joasă presiune către etajul **II**. Aceasta se datorează influenței variației presiunii aerului stocat în butelie şi conduce la o uşoară scădere a confortului respirator, în special către sfârşitul scufundării.

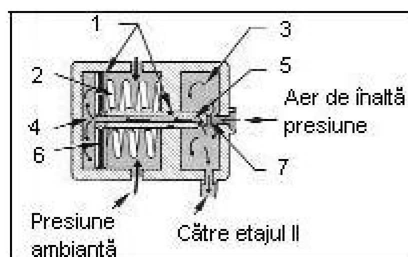


Fig. 2.18. Etaj I de tip neechilibrat, cu piston clapet.
1-O-ring-uri; 2-arc tarat; 3, 4-cameră de joasă presiune; 5-clapet; 6-piston; 7-pastilă de teflon

• **Primul etaj de tip echilibrat cu piston clapet** (Fig. 2.19). Acesta se caracterizează prin aceea că aerul este debitat în circuitul de joasă presiune, către etajul **II**, la o presiune relativ constantă şi practic independentă de variaţia presiunii din butelie, această presiune fiind controlată în mod corespunzător prin tensiunea arcului tarat şi presiunea apei din exterior.

Cele două tipuri de etaj **I** cu piston clapet prezentate mai sus, funcționează după următorul principiu (Fig. 2.18 şi Fig. 2.19): atunci când scafandrul inspiră, presiunea din camera de joasă presiune scade şi deci, presiunea de pe una din fețele pistonului scade şi acesta, sub acțiunea combinată a presiunii apei şi a arcului tarat corespunzător unei presiuni cu 8 ... 12 bar peste presiunea ambiantă, se va deplasa. Pistonul fiind solidar cu clapetul, acesta din urmă va deschide admisia aerului din butelii, asigurând debitarea aerului respirator către circuitul de joasă presiune, deci către etajul **II** al detentorului. Atunci când presiunea de pe circuitul de joasă presiune devine suficient de mare pentru a învinge rezistența arcului tarat, pistonul revine la poziția de echilibru, clapetul închizând astfel debitarea aerului din butelii către etajul **II** al detentorului.

Trebuie menționat faptul că toate cele trei tipuri de etaj **I** prezentate mai sus, cu membrană sau piston, neechilibrate sau echilibrate, sunt pilotate de presiunea apei din exterior, prin aceasta asigurându-se livrarea aerului către etajul **II** al detentorului la o presiune cu circa 8 ... 12 bar peste presiunea apei din exterior (presiunea hidrostatică).

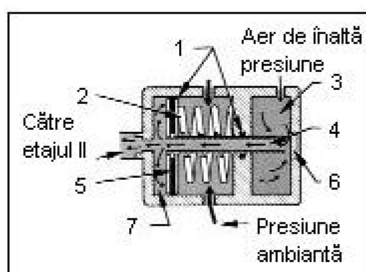


Fig. 2.19. Etaj I de tip echilibrat, cu piston clapet. 1-O-ring-uri; 2-arc tarat; 3-cameră de înaltă presiune; 4-clapet; 5-piston; 6-scaun teflon; 7-cameră de joasă presiune

Indiferent de tipul detentorului cu două etaje, etajul **I** este de obicei prevăzut cu două racorduri de ieşire: un racord de presiune joasă pentru etajul **II** principal şi un racord de presiune joasă pentru etajul **II** de rezervă. Toate etajele **I** au şi un racord de înaltă presiune pentru manometrul submersibil.

b) Tipuri de etaj II

În continuare sunt prezentate două tipuri de etaj II aferent detentorului cu două etaje, un tip cu clapet amonte şi altul cu clapet aval.

• Etajul al doilea cu clapet amonte (Fig. 2.20). Acesta este prevăzut în interior cu o membrană din cauciuc la care una din fețe se află în contact nemijlocit cu presiunea mediului acvatic exterior. La inspirația scafandrului prin muştiuc, pe cealaltă față a membranei se crează o depresiune care permite ca sub acțiunea presiunii apei din exterior să se producă o deformare a membranei către interior, prin aceasta acționându-se asupra levierului. Acesta va deplasa clapetul deschizându-se astfel accesul aerului din circuitul de joasă presiune către consumator (scafandrul). Atunci când faza de „inspir" încetează, presiunea aerului de sub membrană va echilibra presiunea exterioară, membrana va reveni la poziția de echilibru, iar clapetul se va închide sub acțiunea arcului de revenire, prin aceasta închizându-se accesul aerului către consumator. La acest tip de etaj **II,** clapetul fiind de tip „amonte", se va deschide în sens contrar sensului de circulație al aerului din circuitul de joasă presiune. Amestecul gazos expirat de scafandru va fi evacuat, prin intermediul unei supape unisens şi a unui deflector, către mediul acvatic exterior. Deflectorul are rolul de a dirija jeturile bifazice, generate de bulele de gaz evacuate în apă, către părțile laterale ale vizorului astfel încât să nu fie incomodată vizibilitatea scafandrului.

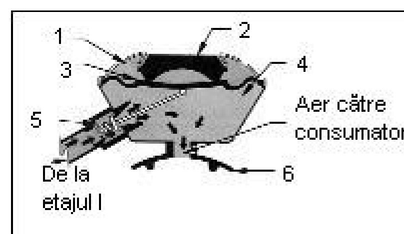


Fig. 2.20. Etaj II cu clapet amonte.
1-cameră cu apă la presiune ambiantă;
2-buton de purjare; 3-membrană;
4-cameră cu aer la presiune ambiantă;
5-arc revenire clapet; 6-muştiuc

• Etajul al doilea cu clapet aval (Fig. 2.21). Acesta este în general asemănător cu cel prezentat mai înainte şi are un principiu de funcționare apropiat de acesta. Diferența importantă constă în faptul că clapetul fiind de tip „aval" se dechide în acelaşi sens cu sensul de circulație a aerului în circuitul de joasă presiune.

Indiferent de tipul constructiv, etajul **II** al detentorului asigură respirarea, la cerere, de aer la o presiune egală cu presiunea ambiantă şi la un ritm normal de respirație. Livrarea de aer de către etajul **II** către consumator poate fi făcută, în cazul în care scafandrul are nevoie de un supliment de aer, prin apăsarea butonului de purjare exterior care va deforma membrana din cauciuc şi va

conduce la debitarea de aer către scafandru pe întreaga perioadă cât butonul se ține apăsat.

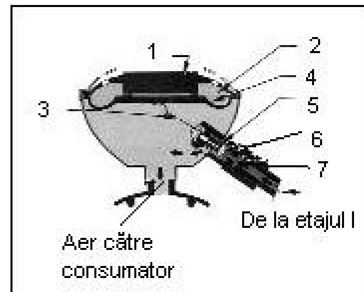


Fig. 2.21. Etaj II cu clapet aval.
1-buton de purjare; 2-cameră cu apă la presiune ambiantă; 3-levier; 4-membrană; 5-arc de revenire; 6-clapet; 7-aer la presiune ambiantă

2.4.2. Detentorul de rezervă

Tot din categoria detentoarelor cu două etaje face parte şi detentorul de rezervææă(Fig. 2.22), special prevăzut pentru a putea fi folosit în cazul defectării accidentale a detentorului principal. Această piesă de echipament este de fapt un etaj **II**, racordat printr-un furtun mai lung la ieşirea de joasă presiune a etajului **I** al detentorului, ce alimentează etajul **II** principal şi ținut în rezervă, urmând a fi utilizat în caz de necesitate. Detentorul de rezervă constituie un sistem de siguranță pentru cazul în care etajul **II** principal, aferent aparatului autonom de respirat sub apă purtat de scafandru, se defectează. De asemenea, detentorul de rezervă poate fi folosit şi de un alt scafandru, în caz de urgență, când rezerva de aer a acestuia s-a epuizat. În acest caz, ambii scafandrii vor respira în tandem din acelaşi aparat de respirat, dar din detentoare diferite, ridicându-se împreună spre suprafața apei.

Detentorul de rezervă nu trebuie lăsat liber, ci trebuie fixat de vesta de salvare, gata de a fi folosit în caz de nevoie. Detentorul de rezervă este o piesă de echipament deosebit de importantă pentru creşterea siguranței în scufundare, devenind în ultimul timp o componentă de bază. Pentru scufundările în peşteri, sub gheață sau în cazul scufundărilor cu dificultate sporită, prevederea detentorului de rezervă este obligatorie.



Fig. 2.22. Detentor de rezervă

2.4.3. Montarea detentorului la butelie şi verificarea funcționării acestuia

Montarea detentorului la butelia de stocaj a aerului comprimat (Fig. 2.23) este o operație importantă care, pentru a fi corect realizată, trebuie să cuprindæăurmătoarele etape (pentru detentorul cu două etaje separate):

• se verifică dacă acea parte a robinetului buteliei unde se va racorda detentorul este curată şi uscată. Se aşează butelia cu fața către operator, având back-pack-ul în partea opusă acestuia. Se deschide puțin robinetul pentru a se efectua o uşoară purjare de aer în vederea îndepărtării eventualelor impurități sau a apei acumulate în interiorul acestuia. Apoi robinetul se închide din nou;

• se verifică starea garniturii tip inel (O-ring). Dacă aceasta este lovită sau ruptă, se înlocuieşte cu o garnitură nouă;

• având etajul **II** al detentorului în mâna stângă, se pune jugul etajului **I** la robinetul buteliei (furtunul detentorului va fi tot timpul în partea dreaptă);

• se strânge, nu prea tare, şurubul jugului. Se controlează supapa de evacuare a amestecului gazos expirat prin încercare de inspirare de aer din detentor. Dacă nu se poate inspira, atunci înseamnă că supapa funcționează corect, într-un singur sens;

• se deschide încet, până la capăt, robinetul buteliei. Apoi se închide un sfert de rotație. Dacă sunt scurgeri de aer, atunci se va proceda la localizarea lor, după care se va închide robinetul;

• cu robinetul deschis se apasă pe butonul de purjare al etajului **II.** Aerul trebuie să iasă liber. Se pune apoi piesa bucală etajului **II** în gură, apoi se inspiră şi se expiră pentru a se constata dacă detentorul funcționează corect. Dacă supapa de evacuare a gazelor expirate către exterior este blocată, se pune etajul **II** în apă şi se expiră cu forță.



Fig. 2.23. Montarea detentorului la butelia cu aer comprimat

În afară de robinetul prevăzut cu O-ring, la care montarea etajului **I** se face printr-un jug, mai există şi robinete sistem DIN, la care racordarea etajului **I** sistem DIN se face prin înfiletare. Atunci când se dispune de o butelie cu robinet sistem DIN şi de un detentor cu racordare prin jug şi O-ring, montarea detentorului se va face prin utilizarea unei piese intermediare, numită adaptor.

2.4.4. Întreținerea detentorului. Vidarea şi recuperarea etajului II în apă

După scufundare, se închide robinetul buteliei, apoi se apasă butonul de purjare pentru a elimina surplusul de aer din furtun. Se curăță butelia împreună cu detentorul cu apă dulce, curată. Detentorul trebuie curățat atât la muştiuc cât şi la supapa de evacuare a aerului. Nu se recomandă apăsarea de prea multe ori

a butonului de purjare în timpul clătirii pentru a nu permite apei să pătrundă în interiorul furtunului. Pentru păstrare, detentorul se pune într-un sac sau într-o pungă de plastic, avându-se grijă ca, în prealabil, să se pună capacul protector al jugului. Nu se recomandă atârnarea detentorului de jug deoarece, în felul acesta se slăbeşte furtunul la punctul de fixare de etajul **I**. La exterior detentorul este construit din metal, deci mai rezistent. La interior, fiind mai delicat, trebuie păstrat cât mai curat şi trebuie evitată intrarea în muştiuc a nisipului şi a impurităților. Nu se recomandă lăsarea detentorului ataşat la robinetul buteliei.

În timpul scufundării este posibil ca etajul **II** al detentorului să fie scos afară din gură, permițând apei să intre înăuntru. Vidarea acestuia de apă se poate face în două moduri, fie prin apăsarea butonului de purjare, fie prin suflarea aerului în interiorul etajului **II**, acesta fiind în gură. Pentru eliminarea apei prin purjare se foloseşte aer de la butelie care, după trecerea de etajul **I**, având o presiune mai mare decât presiunea ambiantă, va împinge apa afară prin supapa de evacuare. Pentru eliminarea apei prin suflarea aerului, se expiră aer pe gură în etajul **II** al detentorului ceea ce face ca apa să fie eliminată în exterior. După efectuarea uneia din aceste manevre, se poate întâmpla ca etajul **II** să nu fie vidat complet de apă. În acest caz se repetă manevra până a vidarea completă.

Se poate întâmpla, de asemenea, ca etajul **II** al detentorului să scape complet afară din gură. Acest lucru poate avea loc fie la suprafață fie sub apæă În ambele situații, etajul **II** al detentorului se va afla situat fie pe umăr, fie pe spate, fie va sta întins, atârnat de furtun de-a lungul buteliei. Recuperarea detentorului se face în primul caz ridicând cu mâna stângă fundul buteliei, împingând-o în față spre umărul drept, în timp ce cu mâna dreaptă se merge de-a lungul furtunului de la etajul **I** până la etajul **II**. În cel de-al doilea caz, se apleacă umărul drept în jos, înspre dreapta, până când etajul **II** împreună cu furtunul vor cădea în față.

2.4.5. Respirația în tandem

Atunci când un scafandru dispune de un echipament bun şi de o planificare corectă a scufundării, există puține şanse de a–ți epuiza întreaga cantitate de aer stocată în butelii. Totuşi, posibilitatea apariției unei defecțiuni la aparatul de respirat cât ți eventualele greşeli ale scafandrului nu pot fi eliminate în totalitate. În cazul apariției unor astfel de accidente, respirația în tandem este o metodă de a reveni la suprafață în siguranță. Pentru efectuarea în cele mai bune condiții a unei astfel de manevre, se recomandă folosirea unui detentor de rezervă, eliminându-se astfel orice stare de confuzie rezultată din nevoia acută de aer. Această soluție este mult mai comodă şi mai sigură decât soluția utilizării alternative a aceluiaşi detentor de către cei doi scafandri. Respirația în tandem este un procedeu folosit în caz de urgență, în care doi scafandri respiră aer din aceeaşi butelie cu aer comprimat. Acest procedeu este folosit de mai mulți ani, atât ca procedeu de urgență în vederea ridicării rapide la suprafața apei, cât şi ca procedeu de salvare în cazul unor scufundări speciale efectuate în locuri cu grad ridicat de periculozitate cum ar fi peşteri, epave, zone de vegetație sau sub gheață.

Datorită dezvoltării din ultima perioadă a echipamentului şi a metodelor de scufundare, respirația în tandem se poate folosi împreună cu alte metode de

urgență.

Respirația în tandem se va începe atunci când se descoperă nevoia de aer a unui scafandru (primitorul). Acesta, folosind semnul convențional pentru lipsa de aer, prin mişcarea mâinii sau a degetului de-alungul gâtului, înştiințează un alt scafandru (donatorul) că are nevoie de ajutor. Respirația în tandem se poate efectua fie prin respirarea de aer din aceeaşi butelie şi acelaşi detentor prin pasarea alternativă a etajului **II** între cei doi scafandri, fie din aceeaşi butelie şi din detentoare diferite, atunci când scafandrul donator dispune de un detentor de rezervă.

*Atunci când respirația în tandem se realizează de la acelaşi detentor prin pasarea ritmică a etajului **II**,* scafandrul donator trebuie să preia controlul asupra situației şi să stabilească ritmul respirației şi al ridicării către suprafață. Cei doi scafandrii trebuie să se coordoneze în aşa fel încât fiecare să inspire aer o dată sau de două ori prin piesa bucală înainte de a preda detentorul colegului. Donatorul trebuie să se poziționeze în fața scafandrului primitor pentru a păstra contactul vizual cu acesta. Fiecare din cei doi scafandri trebuie să se prindă cu mâna liberă de harnaşamentul celuilalt (Fig. 2.24). După ce şi-au stabilit ritmul respirației, o poziție stabilă şi o flotabilitate nulă sau uşor pozitivă cu ajutorul vestei de salvare, se începe ridicarea către suprafața apei folosind labele ți expirând uşor între inspirații pentru a se evita creşterea presiunii aerului din plămâni în raport cu presiunea exterioară a apei, care scade continuu pe măsura scăderii adâncimii de imersie. Înainte de a fi folosit pentru inspirație, etajul **II** trebuie golit de apă, fie prin apăsare pe butonul de purjare, fie prin suflare de aer, pentru a nu se inspira apa pătrunsă în interiorul acestuia.

Atunci când scafandrul donator are un detentor de rezervă, ridicarea se face mai uşor şi în condiții de mai bună siguranță, scafandrul primitor respirând aer prin detentorul de rezervă (Fig. 2.25).



Fig. 2.24. Respirația în tandem folosind acelaşi detentor, cu două etaje



Fig. 2.25. Respirația în tandem de la aceeaşi butelie, din detentoare diferite

Dacă scufundarea se efectuează cu un detentor cu un singur etaj (monobloc), donatorul se poziționează în fața scafandrului primitor, ambii ținându-se unul de harnaşamentul celuilalt cu una din mâini (Fig. 2.26). Folosind mâna cealaltă, donatorul scoate piesa bucală din gură, o răsuceşte în jurul axului ei şi o dă primitorului, având grijă ca să mențină primitorul puțin deasupra lui. Primitorul îşi pune el însuşi piesa bucală în gură ținându-se cu cealaltă mână de harnaşamentul donatorului.

Donatorul trebuie să mențină un control permanent asupra piesei bucale, chiar

şi atunci când aceasta se află în gura primitorului. După ce primitorul efectuează una sau două inspirații, donatorul preia piesa bucală şi o introduce în gură efectuând, la rândul lui, una sau două inspirații, după care o oferă din nou primitorului ş.a.m.d. În timpul urcării, între inspirații, amândoi scafandrii trebuie să expire, constant, câte puțin aer pentru a evita apariția unei suprapresiuni pulmonare.


Fig. 2.26. Respirația în tandem folosind acelaşi detentor cu un singur etaj


Fig. 2.27. Respirația în tandem în timpul deplasării orizontale

Dacă respirația în tandem se face în timpul deplasării orizontale (Fig. 2.27), atunci donatorul se va poziționa alături de primitor, puțin mai jos față de acesta şi îi va oferi, cu una din mâini, muştiucul detentorului, ținându-l cu cealaltă mână de harnaşament. Când primitorul ia muştiucul, donatorul se ridică uşor la nivelul acestuia.

Chiar dacă se efectuează o purjare a detentorului cu două etaje sau se oferă piesa bucală cu evacuare de aer prin deplasarea ei deasupra detentorului cu un etaj, totdeauna, înainte de a inspira aer din muştiuc, atât primitorul cât şi donatorul trebuie să efectueze mai întâi o expirație pentru a evacua apa care s-ar putea afla în muştiuc.

În timpul respirației în tandem trebuie avut în vedere faptul că rezerva de aer a scafandrului donator poate fi şi ea aproape epuizată. De aceea, ambii scafandri trebuie să fie pregătiți, ca la terminarea rezervei de aer, să întrerupă respirația în tandem şi să continue urcarea spre suprafață în apnee, cu expirarea graduală a aerului din plămâni.

Procedeul respirației în tandem necesită o bună coordonare a ambilor scafandri şi multă concentrare din partea acestora. Pentru a fi bine însuşit şi corect aplicat, acest procedeu trebuie exersat în condiții de bazin, cu parteneri experimentați şi cu diferite tipuri de detentoare.

2.5. Dezechiparea şi echiparea sub apă

Dezechiparea şi echiparea sub apă reprezintă exerciții cu scop de îndemânare şi de securitate. Aceste exerciții efectuate sub apă au un scop de îndemânare, deoarece ansamblul de mişcări care le compun reprezintă un test de abilitate sub apă. De asemenea, dezechiparea sub apă este şi un exercițiu de securitate deoarece el reprezintă un bun antrenament pentru largarea rapidă a aparatului de respirat, în cazuri de forță majoră.

Exercițiul de dezechipare cu abandonarea aparatului de respirat pe fundul

bazinului, la o adâncime de circa 5 metri, de urcare către suprafață fără efort, urmată de o coborâre în apnee în vederea recuperării aparatului de respirat şi apoi de reechipare, este o probă destinată testării capacității scafandrului de a rezolva în bune condiții problemele grele care pot apărea în timpul unei scufundări.

• **Dezechiparea sub apă.** Înainte de începerea acestor exerciții se face verificarea echipamentului şi echiparea cu piesele acestuia pe uscat, la marginea bazinului. Această primă echipare, pe uscat, se face cu asistența unui alt scafandru. Apoi se pătrunde în apă. Sub apă, se procedează la dezechiparea pe fundul bazinului scoțându-se piesele echipamentului în următoarea ordine: centura de lestare, labele de înot, butelia şi detentorul, vizorul. După ce butelia împreună cu detentorul a fost lăsată pe fundul bazinului cu robinetul închis, cu centura de lestare deasupra ei, cu detentorul, labele şi vizorul alături, se revine la suprafață.

• **Echiparea sub apă.** Pentru efectuarea echipării sub apă, scafandrul va pătrunde în apă, la fundul bazinului, unde se află depozitate piesele de echipament. Echiparea sub apă se poate realiza prin două procedee:

- echiparea peste cap;
- echiparea prin lateral.

La procedeul de *echipare peste cap* (Fig. 2.28) se deschide mai întâi robinetul buteliei ținând butelia aproape de piept pentru a putea rămâne pe fundul bazinului. Se purjează detentorul, se pune muştiucul în gură şi se respiră din el. Apoi se pune vizorul pe față şi se videază de apă. Se aduce butelia între coapse cu back-pack-ul îndreptat în sus şi se pune centura de lestare alături. Apoi se pun labele de înot pentru a avea o stabilitate mai mare pe timpul manevrei. După aceea, se introduc mâinile prin curelele buteliei şi se apucă back-pack-ul. Se verifică dacă furtunul detentorului nu este prins în curele, apoi se ridică butelia şi, descriind un arc de cerc peste cap, se pune pe spate. Se fixează curelele pe umeri şi centura pe talie, apoi se pune centura de lestare.



Fig. 2.28. Echiparea sub apă prin procedeul "peste cap"

La procedeul de *echipare prin lateral* (Fig. 2.29) echiparea se face, până la momentul mutării buteliei, asemănător procedeului de echipare peste cap. Apoi, se va lua poziția îngenunchiat, pe piciorul stâng, având butelia poziționată între picioare. Pentru echilibru, se poate pune centura de lestare pe piciorul drept. Se va introduce mâna stângă sub cureaua back-pack-ului, verificându-se ca furtunul detentorului să se afle deasupra mâinii. Folosindu-se ambele mâini, butelia va fi mutată de pe umărul stâng pe spate. Se va introduce şi mâna dreaptă sub cealaltă curea a back-pack-ului. Se vor strânge curelele pe umeri şi centura pe talie, după care se va pune centura de lestare.



Fig. 2.29. Echiparea sub apă utilizând procedeul "prin lateral"

2.6. Instrumente pentru scufundare

Omul, obişnuit să trăiască în aerul atmosferic şi să se deplaseze la suprafața solului, atunci când pătrunde, ca scafandru autonom, în mediul acvatic, este nevoit să evolueze într-un domeniu caracterizat prin proprietăți fizice noi pentru acesta. Sub apă, indicatorii de spațiu şi timp cu care omul este obişnuit, nu mai sunt prezenți, iar reperele de orientare devin obscure, făcând toate direcțiile de nedistins. Sigur, aceste elemente dau lumii subacvatice farmec şi mister, însă ele pot reprezenta şi un pericol potențial pentru scafandru. Este evident că fără o informare corectă privind modul în care are loc evoluția lui sub apă, scafandrul poate ajunge la dezorientare şi la accidente, mai mult sau mai puțin grave. Pentru evitarea unor astfel de riscuri, scafandrul autonom trebuie săşi completeze echipamentul de scufundare cu instrumente specializate care să-i furnizeze, pe întreaga perioadă a scufundării, informații privind cantitatea de aer rămasă în butelii, timpul scurs de la începerea scufundării şi de la începerea unor

paliere de decompresie, adâncimea de imersie, temperatura locală a apei, caracteristicile palierelor de decompresie, locul unde se află şi direcția în care evoluează. Ca şi celelalte piese ale echipamentului de scufundare, instrumentele utilizate în timpul imersiei sunt prevăzute să facă parte din echipamentul complet al scafandrului autonom cu aer comprimat pentru a mări siguranța şi eficacitatea scufundării.

În cele ce urmează, vor fi prezentate instrumentele pentru scufundare care trebuie să facă parte din echipamentul de scufundare standard al unui scafandru autonom.

2.6.1. Manometrul submersibil

În trecut, *manometrul submersibil* era considerat ca instrument de lux şi de aceea era folosit destul de rar de către scafandri. În prezent, acesta a devenit o piesă de bază a echipamentului de scufundare. Manometrul submersibil (Fig. 2.30), prin indicarea continuă a presiunii aerului stocat în butelie, este singurul mijloc de a aprecia, cu o bună aproximare, pentru cât timp se mai dispune de aer respirator şi deci cât timp mai poate continua scufundarea. El este indispensabil atunci când robinetul buteliei nu este prevăzut cu sistemul de rezervă, precum şi atunci când factorul „autonomie de revenire la suprafață“ are o mare importanță (scufundări în peşteri, la epave, sub gheață etc.). Manometrul se racordează la etajul **I** al detentorului, la racordul de înaltă presiune, prin intermediul unui furtun rezistent la înaltă presiune, cu lungimea de 60 ... 100 cm. Manometrul submersibil trebuie astfel conceput şi construit încât să fie etanş şi rezistent la presiunea exterioară, la lovituri şi la şocuri. În acest scop, manometrul este prevăzut cu o carcasă etanşă şi durabilă din metal şi cu un inel de protecție contra loviturilor, din cauciuc. Pentru a fi cât mai uşor de folosit sub apă, manometrul este prevăzut cu un racord la furtun cu rotire etanşă de 360º. De asemenea, manometrul este prevăzut cu un geam rezistent la presiunea exterioară şi la zgârieturi. Cadranul manometrului submersibil este gradat în bar (bari) sau în at (atmosfere; 1 at = 0,981 bar). Manometrele submersibile americane au cadranul gradat în PSI (pound/square inch; 1 PSI = 6,9 · 0,01 bar = 6,8 · 0,01 at).



Fig. 2.30. Manometru submersibil

În timpul scufundării, manometrul submersibil nu trebuie lăsat să atârne liber, ci trebuie să fie prins de unul din elementele de echipament. Unele veste de salvare sunt prevăzute cu piese speciale pentru susținerea manometrului

submersibil. De asemenea, manometrul poate fi prins şi la cureaua buteliei, sau pus sub vesta de salvare. Indiferent de locul în care este prins, manometrul trebuie folosit periodic. Astfel, scafandrul trebuie să citească în mod regulat indicația manometrului submersibil stabilind astfel cantitatea de aer rămasă disponibilă în butelie.

După scufundare, manometrul se clăteşte cu apă dulce, curată. În timpul spălării trebuie avut grijă ca să nu pătrundă apă în interiorul furtunului de înaltă presiune, deoarece prin aceasta se pot introduce impurităţi în manometru şi în detentor. Atunci când manometrul submersibil se pune la păstrare pentru o perioadă mai îndelungată, acesta trebuie depozitat cu furtunul în poziţie dreaptă sau uşor îndoit.

2.6.2. Ceasul etanş

Pe perioada scufundării, atenția scafandrului este concentrată la propria persoană, la echipament, la mediul acvatic, la activitatea desfăşurată şi la ceilalţi scafandri, timpul scurgându-se pe nesimţite şi astfel existând posibilitatea intrării în criză de timp. Peste adâncimea de 10 m, timpul devine un factor critic pentru scafandrul autonom, fie datorită necesităţii de a se menţine în limitele curbei de securitate, cu scopul evitării problemelor ridicate de decompresie fie, atunci când aceste limite sunt depăşite, datorită necesităţii de a-şi cronometra timpii de la palierele de decompresie. De aceea, *ceasul etanş* (Fig. 2.31) este un instrument esenţial al echipamentului de scufundare autonomă, fiind utilizat la cronometrarea timpului de scufundare, a timpilor de decompresie şi, împreună cu profundimetrul, la calculul vitezei de urcare către suprafaţa apei. Nu toate ceasurile etanşe pot rezista la presiuni ridicate, sub apă. Un ceas etanş trebuie să fie rezistent la o presiune de cel puţin 8 bar (de preferat 20 bar) şi să aibă o carcasă din oţel inoxidabil. Cadranul trebuie să fie uşor de citit, să fie fosforescent şi să aibă un minutar bine vizibil. Cea mai mare parte a ceasurilor de scufundare sunt prevăzute cu o „lunetă“ mobilă, situată în jurul cadranului, pentru fixarea momentului iniţial al cronometrării. De asemenea, ceasul de scufundare trebuie să aibă o brăţară sau o curea reglabilă, destul de lungă pentru a putea fi ataşată şi peste mâneca costumului din neopren. Există şi ceasuri cu afişaj electronic (LCD - Liquid Crystal Display) care simplifică citirea. De asemenea, există ceasuri electronice combinate cu profundimetru, care sunt declanşate de presiunea apei atunci când începe coborârea şi se opresc la urcarea către suprafaţa apei, atunci când este atinsă o adâncime mică. Unele modele pot înregistra şi timpul scurs la suprafaţă, precum şi numărul de scufundări.



Fig. 2.31. Ceas etanş

2.6.3. Profundimetrul

Profundimetrul este un instrument care indică adâncimea la care se află scafandrul. Cadranul profundimetrului este gradat în m (metri). Profundimetrele americane sunt gradate în feet (picioare; 1 foot = 0,3048 m). Adâncimea trebuie controlată pe toată durata imersiunii. Pentru scufundări la adâncimi mai mari de 10 m, trebuie cunoscută cu exactitate adâncimea scufundării pentru a putea estima consumul de aer şi pentru a evita problemele legate de decompresie. Profundimetrul este de fapt un manometru cu coloană de lichid sau un manometru cu element elastic, gradat în m sau feet.

Profundimetrele sunt de trei tipuri: cu tub Mariotte, cu element elastic de tip tub Bourdon şi cu membrană elastică.

Profundimetrul cu tub Mariotte (Fig. 2.32) este tipul cel mai simplu de profundimetru. El este compus dintr-un tub de plastic transparent de diametru mic, deschis la un capăt şi montat pe perimetrul unui cadran gradat. Creşterea presiunii o dată cu creşterea adâncimii de imersie, produce intrarea progresivă a apei în tub şi deci comprimarea aerului al cărui volum se reduce după legea lui Boyle-Mariotte (pV = constant). Citirea adâncimii de imersie se face prin urmărirea gradației de pe cadran în dreptul căreia se află suprafața de separație dintre coloana de apă şi bula captivă de aer. Acest tip de profundimetru este foarte precis doar până la adâncimea de 20 m. Tubul de plastic transparent trebuie scos periodic din cadran şi curățat, în special după scufundări în apă sărată, deoarece în interiorul lui se formează cristale de sare care pot decalibra tubul, falsificând indicația şi îi pot reduce transparența, îngreunând astfel citirea.


Fig. 2.32. Profundimetru cu tub Mariotte


Fig. 2.33. Profundimetru cu element elastic

Profundimetrul cu element elastic (Fig. 2.33) *de tip tub Bourdon şi profundimetrul cu membrană elastică,* au un cost mai ridicat, dar sunt mult mai precise şi mai uşor de citit la adâncimi de peste 10 m. Principiul de funcționare al acestor profundimetre este următorul: în timpul coborârii, presiunea ambiantă deformează elementul elastic (tubul Bourdon sau membrana), deformație care este transmisă prin intermediul unui mecanism cu pârghii şi angrenaje la un ac indicator ce se va deplasa pe scala gradată a cadranului indicând adâncimea de imersie. La unele profundimetre transmiterea presiunii exterioare către elementul elastic se face printr-o priză de presiune (un orificiu) care comunică cu mediul acvatic exterior, iar la profundimetrele mai moderne transmisia presiunii către elementul elastic se face prin deformarea carcasei exterioare şi prin intermediul lichidului cu care este umplută.

Profundimetrul cu priză de presiune trebuie clătit cu apă caldă, curată după fiecare scufundare. Înainte de a-l depozita pentru păstrarea pe timp mai îndelungat, profundimetrul trebuie introdus în apă curată pentru a preveni formarea cristalelor de sare în interiorul carcasei şi a elementului elastic. Unele modele de profundimetre cu element elastic au încorporate un al doilea ac indicator, numit ac indicator de adâncime maximă. Pe măsură ce adâncimea creşte, ambele ace se deplasează pe scala gradată indicând adâncimea. În timpul ridicării către suprafață, acul indicator de adâncime maximă rămâne la gradația corespunzătoare celei mai mari adâncimi atinse de scafandru, pe când celălalt ac continuă să indice adâncimea curentă. Acest tip de profundimetru elimină erorile în determinarea adâncimii maxime atinse în timpul scufundării. Trebuie menționat faptul că adâncimea maximă de scufundare împreună cu timpul de scufundare sunt elementele de bază în stabilirea timpilor de decompresie ce trebuie respectați în faza de urcare către suprafață.

2.6.4. Termometrul submersibil

Termometrul submersibil este un termometru cu bimetal. El oferă scafandrului informații privind temperatura locală a mediului acvatic. Ca şi celelalte instrumente pentru scufundare, termometrul submersibil trebuie să fie etanş, rezistent la presiune şi uşor de citit. Termometrul submersibil indică temperatura în °C (grade Celsius). Termometrele submersibile americane indică temperatura în ºF (grade Fahrenheit).

$$\theta\ (^{o}F) = 1{,}8\ \theta\ (^{o}C) + 32;\ \theta\ (^{o}C) = 0{,}555\ [\theta\ (^{o}F) - 32]$$

2.6.5. Decompresimetrul

Atunci când scafandrul, prin timpul de scufundare şi prin adâncimea de imersie atinsă, iese de sub curba de securitate, el va trebui să realizeze o urcare către suprafața apei în trepte, numite paliere de decompresie, de obicei din 3 în 3 m. Palierele de decompresie şi timpii de staționare la fiecare palier, cuprinse în tabelele de decompresie, permit o degajare lentă, fără formare de bule, a azotului dizolvat în țesuturi. Scafandrii pot realiza programul de decompresie, în timpul urcării la suprafață, fie prin memorarea tabelelor de decompresie, fie prin citirea sub apă a acestor tabele scrise pe plăcuțe sau pe suport de cauciuc şi ataşate costumului de scufundare.

Pentru o mai comodă urmărire a programului de decompresie, au fost concepute ăi realizate aparate specializate în furnizarea datelor caracteristice decompresiei, numite decompresimetre.

Decompresimetrul este un aparat portabil care indică scafandrului, în funcție de durata şi adâncimea scufundării, timpii de decompresie. Funcție de principiul de funcționare, decompresimetrul poate fi mecanic sau electronic.

Decompresimetrul mecanic (Fig. 2.34) este conceput ca o incintă etanşă, de dimensiuni mici, formată din două părți, una deformabilă şi alta rigidă separate între ele prin intermediul unei membrane filtrante. Astfel, incinta etanşă este împărțită de membrana filtrantă în două compartimente, unul limitat de pereți deformabili şi altul limitat de pereți rigizi. Decompresimetrul mecanic reproduce fenomenul de dizolvare a gazului inert (azotului) în țesuturi (v. paragraful 3.3)

prin următorul mecanism de funcționare: compartimentul elastic este umplut cu un gaz care sub acțiunea presiunii exterioare trece, în timp, prin membrana filtrantă către compartimentul rigid. Funcție de raportul presiunilor existente în cele două compartimente, aparatul indică timpul de decompresie necesar. În timpul urcării către suprafață, scăzând presiunea ce acționează asupra compartimentului deformabil, gazul din compartimentul rigid revine treptat în compartimentul deformabil modificându-se corespunzător şi indicația aparatului. Decompresimetrul mecanic poate fi utilizat şi pentru scufundări succesive deoarece, după ridicarea la suprafață, o anumită cantitate de gaz continuă să treacă din compartimentul rigid către compartimentul elastic prin membrana filtrantă, în mod analog cu fenomenul de eliminare a gazului inert din țesuturile corpului. Atunci când se efectuează o scufundare succesivă, decopresimetrul sesizează cantitatea de gaz rămasă în compartimentul rigid, modificând programul de decompresie.

Decompresimetrul electronic (Fig. 2.35) afişează scafandrului tabela de decompresie aflată în memoria aparatului, funcție de adâncimea de scufundare şi de durata scufundării.

Utilizarea decompresimetrului implică o bună cunoaştere a principiului de funcționare şi o urmărire atentă a acestuia. Numai un scafandru obişnuit cu utilizarea tabelelor de decompresie poate folosi corect acest instrument.


Fig. 2.34. Decompresimetru mecanic



Fig. 2.35. Decompresimetru electronic

2.6.6. Busola submersibilă

Busola submersibilă (Fig. 2.36) este o piesă importantă a echipamentului de scufundare autonomă şi este utilizată de către scafandri pentru orientarea sub apă şi la suprafața apei. Orientarea cu busola este singura modalitate de a păstra o direcție de deplasare sub apă sau la suprafața apei atunci când condițiile de vizibilitate sunt reduse. În scufundarea pe timpul nopții este obligatorie utilizarea busolei. În apă tulbure sau în caz de curent, acest instrument devine indispensabil. Unele busole sunt mai puțin precise decât altele. O busolă magnetică subacvatică trebuie să fie introdusă într-o carcasă etanşă şi rezistentă la presiune. Busola se prinde la încheietura mâinii cu ajutorul unei curele care trebuie să fie suficient de lungă pentru a putea cuprinde încheietura mâinii peste neopren. La alegerea unei busole, trebuie căutat un instrument la care citirea în timpul imersiei să fie suficient de netă. Acul sau roza vânturilor trebuie să aibă o oarecare inerție. De preferință se alege un model de

busolă mai puțin voluminos. Busola trebuie ferită de şocuri şi câmpuri magnetice foarte puternice. În afara busolelor clasice, există şi busole mai moderne, dintre care poate fi menționată *busola digitală*.

Manometrul submersibil, profundimetrul şi busola submersibilă pot fi componente separate ale echipamentului de scufundare, dar pot fi şi grupate câte două (manometru submersibil şi profundimetru) sau câte trei (manometru submersibil, profundimetru şi busolă) sub forma unor console (Fig. 2.37) prinse la etajul **I** al detentorului printr-un furtun.



Fig. 2.36. Busolă submersibilă

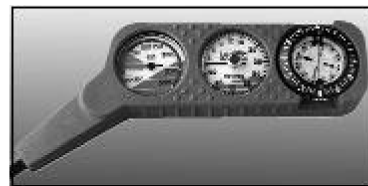


Fig. 2.37.Consolă cu trei componente: manometru submersibil, profundimetru şi busolă submersibilă

2.6.7. Calculatorul de scufundare

În prezent, se utilizează mai puțin decompresimetrul clasic datorită apariției unor echipamente moderne. Unul dintre aceste echipamente îl reprezintă *calculatorul de scufundare* (Fig. 2.38). Acesta este un calculator multilevel conceput în special pentru scafandrii care efectuează scufundări cu decompresie. Acesta poate calcula timpul de scufundare sub curba de securitate şi timpul total necesar urcării. De asemenea, ia în considerare întregul profil de saturare şi desaturare aferent scufundării. Efectuează compensarea pentru rata scăzută a azotului eliberat din țesuturi datorită unui flux scăzut de sânge în plămâni. Aceasta adaugă mai mult timp la durata scufundării şi mai puțin timp la decompresie. Calculatorul de scufundare funcționează în mod continuu, monitorizând orice schimbare în altitudine, inclusiv orice zbor cu avionul sau cu elicopterul. Calculatorul are încorporat şi un sistem de avertizare vizuală şi acustică şi un afişaj luminos. Acest calculator de scufundare este capabil de 25 de funcții diferite dar, pentru simplitate, afişează numai informația esențială la momentul dorit.

Calculatorul de scufundare are următoarele caracteristici: monitorizarea automată a parametrilor mediului ambiant, adâncimea maximă 99 metri, altitudinea maximă 4 000 metri. Acest calculator indică: adâncimea de scufundare, durata scufundării, adâncimea maximă, timpul total de urcare, palierul de decompresie cel mai adânc, timpul de desaturare, timpul de aşteptare înainte de zbor, altitudinea pentru scufundări efectuate la altitudine, modul de operare, durata unei scufundări sub curba de securitate, limita curbei de securitate, timpul de decompresie, numărul de țesut, intervalul la suprafață. Calculatorul de scufundare are încorporate două alarme, una pentru cazul

nerespectării instrucțiunilor de decompresie şi alta pentru cazul unei urcări prea rapide. De asemenea, calculatorul stochează informațiile privind ultimele nouă scufundări şi dispune de alarmă acustică, avertizor pentru consumarea bateriilor şi închidere automată.

Calculatorul poate fi prins la mână cu o curea sau poate fi combinat cu un manometru submersibil şi cu o busolă submersibilă alcătuind o consolă prinsă la etajul **I** al detentorului prin intermediul furtunului de presiune înaltă. Există două tipuri de console: cu două componente (calculator de scufundare şi manometru submersibil) şi cu trei componente (calculator de scufundare, manometru submersibil şi busolă submersibilă).

După întrebuințare, manometrul submersibil, ceasul etanş, profundimetrul, termometrul submersibil, decompresimetrul, busola submersibilă, calculatorul de scufundare şi consolele, se clătesc cu apă dulce, curată. Acestea sunt instrumente delicate care trebuie păstrate cu grijă şi ferite de lovituri, zgârieturi etc.



Fig. 2.38. Calculator de scufundare

2.7. Scufundarea autonomă cu aer comprimat

Scufundarea autonomă cu aer comprimat este scufundarea în care scafandrul îşi poartă cu sine rezerva de aer respirator, ceea ce îi permite prelungirea duratei de scufundare şi atingerea unor adâncimi de imersie importante. În acest scop, scafandrul poartă cu el un aparat autonom de scufundare alcătuit, în principal, dintr-o butelie sau o baterie de butelii în care se află stocat aerul respirator comprimat şi dintr-un detentor care realizează o reducere a presiunii aerului de la nivelul presiunii din butelia de stocaj la nivelul presiunii corespunzătoare adâncimii la care se află scafandrul, furnizând aer scafandrului „la cerere“ adică atunci când acesta inspiră.

Scufundarea autonomă cu aer este limitată la o adâncime de 60 m datorită narcozei provocată de azot şi datorită imposibilității asigurării rezervei portabile de aer comprimat necesară pentru efectuarea unei decompresii de lungă durată. Pentru învățarea tehnicilor specifice scufundării autonome cu aer comprimat, viitorul scafandru trebuie să fi dobândit, în prealabil, tehnicile specifice scufundării libere, în apnee. Utilizarea unui aparat autonom cu aer comprimat necesită o învățare serioasă şi progresivă atât pe plan practic cât şi teoretic. Astfel, în cazul scufundării autonome cu aer comprimat, după ce şi-a ales echipamentul de bază şi a luat cunoştință cu modul de utilizare şi întreținere a acestuia conform celor prezentate în capitolul 1 (vizor, labe de înot, costum

izoterm, centură de lestare şi vestă de salvare) şi în primele paragrafe ale capitolului 2 (butelii şi detentor), viitorul scafandru va trece la exersarea echipării şi dezechipării cu acest echipament şi la însuşirea temeinică, sub supravegherea unui monitor specializat, a tuturor tehnicilor specifice scufundării cu aer comprimat. Pregătirea scafandrului presupune atât dobândirea de cunoştințe teoretice solide privind fizica şi fiziologia scufundării, medicina hiperbară elementară, utilizarea tabelelor de decompresie etc., cât şi dobândirea, prin exerciții practice, a tehnicilor şi manevrelor specifice scufundărilor cu aer comprimat. De asemenea, viitorul scafandru trebuie să cunoască foarte bine instrumentele de scufundare şi accesoriile echipamentului de scufundare, precum şi modul de utilizare a acestora.

În continuare sunt prezentate elemente de bază privind echiparea scafandrului autonom cu aer comprimat şi intrarea acestuia în apă, date generale privind accesoriile echipamentului, elemente necesare pentru efectuarea unor scufundări eficiente şi cu maximă securitate, precum şi recomandări privind întreținerea, reglarea şi verificarea pieselor de echipament.

2.7.1. Echiparea scafandrului autonom cu aer comprimat

Echiparea scafandrului autonom cu aer comprimat este mai complexă decât echiparea scufundătorului în apnee şi presupune o atenție suplimentară.

Pentru efectuarea unei echipări corecte, se recomandă a fi respectată următoarea ordine: pantalonii costumului din neopren, cizmulițele din neopren, vesta de la costumul din neopren, cagula, cuțitul de scufundare, vesta de salvare, aparatul de respirat, centura de lestare, labele de înot, mănuşile, profundimetrul, busola, ceasul etanş, decompresimetrul şi în final vizorul împreună cu tubul de respirat. Această ordine de echipare poate suferi unele modificări funcție de tipul pieselor de echipament utilizate.

Tehnicile de echipare pentru fiecare piesă de echipament comună scufundării libere şi scufundării cu aer comprimat, sunt prezentate în paragraful 1.7.1. În ceea ce priveşte tehnicile echipării cu aparatul de respirat sub apă, specifice numai scufundării autonome cu aer, acestea sunt expuse în cadrul paragrafelor 2.3 şi 2.4. Verificările pieselor componente ale aparatului de respirat sub apă şi manevrele specifice ce trebuie efectuate înainte de intrarea în apă, sunt de asemenea prezentate în paragrafele 2.3 şi 2.4.

2.7.2. Procedee de intrare în apă a scafandrului autonom

Intrarea în apă a scafandrului echipat trebuie făcută, pe cât posibil, cât mai uşor, în deplină siguranță şi fără ca acesta să-şi piardă orientarea. Intrarea în apă trebuie să fie o trecere lină a scafandrului în mediul acvatic şi nu o coliziune cu suprafața apei. La locul intrării apa trebuie să fie suficient de adâncă, iar scafandrul trebuie să afle, în prealabil, dacă există curenți. Apoi, se impune o privire asupra zonei în care se va intra în apă, urmărindu-se dacă ceilalți scafandri nu sunt mult prea aproape de locul intrării, pentru a se evita ciocnirea cu alt scafandru aflat deja în apă.

În timpul intrării în apă, prin salt sau rostogolire, se ține vizorul cu o mână pentru a nu sări de pe figură în momentul impactului cu apa. Imediat după

efectuarea saltului se revine la suprafaţă, se stă puţin de o parte şi se priveşte intrarea în apă a celorlalţi scafandri.

Intrarea în apă se face dintr-un punct superior suprafeţei libere a apei (barcă, ponton, margine de bazin, stâncă etc.). Există mai multe modalităţi pentru intrarea în apă a scafandrului şi anume:

- intrarea prin salt cu picioarele înainte;
- intrarea prin basculare pe spate;
- intrarea din poziţia şezând;
- intrarea de pe plajă;
- intrarea pe scara de scafandru.

Intrarea prin salt cu picioarele înainte dă posibilitatea pătrunderii mai întâi a picioarelor în apă, amortizând şocul lovirii de eventualele obstacole subacvatice neobservate de la suprafaţă. De asemenea, această metodă permite menţinerea corpului în poziţie verticală cu capul în sus, dând posibilitatea păstrării orientării sub apă. Intrarea în apă prin salt cu picioarele înainte poate fi efectuată, la rândul ei, prin trei procedee:

- păşire înainte peste margine (Fig. 2.39);
- salt vertical cu picioarele împreunate (Fig. 2.40);
- pasul uriaşului (Fig. 2.41).



Fig. 2.39. Intrarea în apă prin păşire înainte



Fig. 2.40. Salt vertical cu picioarele împreunate



Fig. 2.41. Intrare în apă prin "pasul uriaşului"

Folosirea primelor două procedee, care se execută cu o mână pe vizor şi cealaltă mână pe fundul buteliei, conduce la o intrare mai profundă în apă. De aceea, pentru a preveni apariţia unei eventuale dezorientări sub apă sau lovirea fundului, atunci când apa este puţin adâncă, se recomandă saltul prin procedeul „pasul uriaşului". La acest din urmă procedeu se execută un pas mare, cu picioarele larg deschise către apă, ţinând o mână pe vizor, iar cealaltă mână

întinsă orizontal. Când picioarele ajung în apă acestea se apropie cu putere, mişcând şi mâna inițial intinsă orizontal, pentru realizarea susținerii. Aceste mişcări vor încetini mişcarea în apă şi vor crea posibilitatea menținerii capului la suprafața apei. În momentul atingerii apei, picioarele sunt împreunate cu forță, iar mâinile sunt aduse puternic în jos pentru a încetini viteza de intrare în apă şi pentru a păstra capul la suprafața apei. Procedeul „pasul uriaşului“ poate cauza accidente dacă este folosit pentru salturi de la înălțimi mari.

Cu toate acestea, acest procedeu este recomandat pentru executarea de salturi în apă cu adâncime mică şi atunci când se doreşte rămânerea la suprafața apei, după salt.

Intrarea prin basculare pe spate (Fig. 2.42) este o metodă utilizată atunci când se doreşte intrarea în apă de la înălțime mică şi atunci când este necesară evitarea mişcării periculoase a bărcii de pe care se execută intrarea în apă. Această modalitate de intrare în apă se execută din poziție şezând pe marginea bărcii sau din poziție „pe vine“, ținând cu o mână vizorul. Această metodă prezintă dezavantajul că nu oferă o bună protecție împotriva pericolului de lovire a scafandrului de eventualele obstacole subacvatice.

Intrarea în apă din poziția şezând (Fig. 2.43) este metoda, care atunci când este posibilă, este cea mai de dorit. Această metodă se foloseşte pentru intrarea în apă de pe marginea bazinului, bărcii, sau de pe o stâncă. Pentru executarea acestei intrări, scafandrul porneşte din poziție şezând, cu picioarele în apă. Apoi, ținându-se cu mâinile de marginea bazinului sau a bărcii, scafandrul se va întoarce şi se va lăsa încet în apă. Această modalitate de intrare în apă elimină contactul violent cu apa şi scufundarea capului, evitând astfel apariția pericolului de dezorientare a scafandrului.

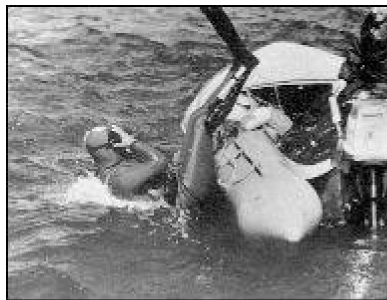


Fig. 2.42. Intrare în apă prin basculare pe spate



Fig. 2.43. Intrare în apă din poziție şezând

Nu sunt recomandate scafandrilor începători intrările în apă riscante cum ar fi: salt în cap, salt cu rostogolire în față etc.

Intrarea de pe plajă (Fig. 2.44) constă într-o pătrundere lentă în apă, fiind metoda cea mai simplă. Când se intră în apă de pe mal, în prealabil trebuie luată decizia dacă se vor purta sau nu labe de înot. Dacă fundul este stâncos sau cu nămol, labele de înot se pot duce în mână până când apa este destul de adâncă. Apoi se pun labele de înot în picioare. Dacă intrarea se face de pe plajă, la mare şi dacă sunt valuri care se sparg în apropierea țărmului, se pun labele în picioare

şi se merge cu spatele prin apă până când apa este destul de adâncă pentru a înota. Apoi, se face o întoarcere şi se înoată pe sub valuri mai departe. Dacă valurile se sparg (deferlează) departe de țărm, se duc labele în mână până când apa ajunge la genunchi şi acolo se vor pune în picioare. Procedând astfel, se va împiedica pătrunderea nisipului în labe. Nu se recomandă mersul înainte cu labele în picioare. Intrarea în apă prin mers încet, cu spatele, permite o intrare uşoară şi un control bun al echilibrului.

Intrarea pe scara de scafandru(Fig. 2.45) este o modalitate de intrare în apă indicată atunci când scufundarea se face de la bordul unei nave. Această metodă de intrare se efectuează cu ajutorul unei scări pe care scafandrul coboară luând treptat contact cu apa.



Fig. 2.44. Intrare în apă de pe plajă



Fig. 2.45. Intrare în apă pe scara de scafandru

2.7.3. Coborârea scafandrului către adâncimea de lucru

O dată intrat în apă prin folosirea unuia din procedeele descrise mai sus, scafandrul va începe etapa de pătrundere sub apă către adâncimea de lucru.

Metodele de pătrundere sub apă către adâncimea dorită şi modalitățile de ieşire de la adâncimea de lucru către suprafața apei sunt asemănătoare cu cele de la scufundarea liberă, prezentate în paragraful 1.7.2.

La scufundarea autonomă cu aer comprimat există şi o metodă specifică de coborâre către adâncimea de lucru şi de urcare către suprafață şi anume metoda utilizării unei saule de ghidare (Fig. 2.46).



Fig. 2.46. Coborârea sau urcarea scafandrilor pe saula de ghidare

Această saulă prevăzută cu o greutate este lansată în apă permițând ghidarea scafandrului. Atunci când este posibil, poate fi folosită pentru ghidare chiar parâma de ancorare a ambarcațiunii suport (Fig. 2.47).

Uneori, pe această saulă, sunt marcate adâncimile de 3, 6, 9 ... metri corespunzătoare palierelor de decompresie.

În situația în care scafandrul trebuie să evolueze la distanțe mai mari în jurul ambarcațiunii suport, acesta se poate folosi de o aşa-numită „linie de viață“ ce constă dintr-o saulă prin intermediul căreia scafandrul poate fi recuperat la suprafață şi care poate fi folosită şi pentru ghidare.

Imediat după începerea coborârii în apă, după primii metrii, scafandrul este nevoit să-şi echilibreze timpanele prin manevra Valsalva sau oricare altă metodă de compensare (v. paragrafele 4.1.1.1 şi 6.1.2.3.). Pe măsură ce scafandrul coboară mai adânc în apă, manevrele de compensare a urechii sunt din ce în ce mai rare.

În acelaşi timp, scafandrul trebuie să procedeze la compensarea presiunii din vizor şi dacă este nevoie, la vidarea lui de apă, precum şi la egalizarea presiunii din sinusuri (v. paragrafele 1.1.3 şi 4.1.1.1).

O dată ajuns la adâncimea de lucru, pe întreaga perioadă de desfăşurare a activității, scafandrul trebuie să încerce să respire ritmic şi să evite gâfâiala.

2.7.4. Urcarea scafandrului către suprafața apei

Urcarea scafandrului către suprafață se va efectua cu respectarea vitezei de ridicare şi a timpilor de decompresie de la paliere, în conformitate cu tabelele de decompresie (v. capitolul 5). Pe perioada urcării către suprafața apei, scafandrul trebuie să aibă grijă să nu urce prea mult fără să expire pentru a evita apariția unei suprapresiuni pulmonare. Pentru cazul în care, din motive de planificare incorectă sau de accident, în revenirea lui către suprafață, scafandrul şi-a epuizat rezerva de aer şi mai are de efectuat paliere de decompresie în apropierea suprafeței, coechipierul aflat la bordul ambarcațiunii va pregăti, încă de la începutul scufundării, o butelie cu detentor, plină cu aer comprimat şi o va coborâ cu o saulă lestată la adâncimea palierului unde scafandrul îşi efectuează decompresia, de obicei la adâncimile de
3 m sau 6 m corespunzătoare ultimelor paliere (Fig. 2.47).



Fig. 2.47. Aparat de respirat de securitate imersat la palierul de decompresie

2.7.5. Ieşirea scafandrului din apă

Ieşirea din apă într-o zonă stâncoasă sau cu valuri puternice, trebuie evitată de scafandrii începători, dacă aceştia nu sunt însoțiți de un scafandru experimentat. Ieşirea pe o suprafață solidă situată la o înălțime relativ mare față de suprafața liberă a apei poate fi dificilă fără asistență. Pentru efectuarea unei astfel de ieşiri din apă, se păstrează labele în picioare, acestea ajutând la menținerea poziției. Scafandrul se va trage cu ambele mâini de marginea bărcii, pontonului, bazinului etc. ajutându-se şi din labe şi va pune un picior deasupra, apoi va sălta corpul în sus prin sprijin în mâini şi se va întoarce trecând în poziția şezând. Atunci când suprafața solidă este foarte înaltă, cum ar fi puntea unei nave, ieşirea din apă se va efectua numai pe o scară de scafandru. Se recomandă ca toate procedeele de ieşire din apă să fie efectuate cu ajutorul altui scafandru sau cu asistență de la suprafață.

2.8. Accesorii ale echipamentului de scufundare

O dată cu dezvoltarea activităților de scufundare autonomă, au fost concepute şi realizate o serie de accesorii ale echipamentului de scufundare destinate creşterii siguranței în scufundare, observării în bune condiții a obiectelor subacvatice, planificării judicioase a scufundării precum şi întreținerii corespunzătoare a pieselor de echipament.

În prezent, scafandrul poate dispune de accesorii ale echipamentului de scufundare care să-i permită semnalizarea prezenței sub apă, comunicarea cu ceilalți scafandri, iluminarea locală a zonei cercetate, eliberarea din diverse capcane subacvatice, însemnarea observațiilor din timpul scufundării, urcarea la suprafața apei după programul propus, precum şi repararea, întreținerea şi înlocuirea unor piese ale echipamentului de scufundare. Având în vedere aceste facilități, se recomandă ca scafandrii să-şi procure şi aceste accesorii ale echipamentului de scufundare, care le vor asigura o creştere a siguranței şi confortului în scufundare, precum şi a eficienței activităților pe care le desfăşoară sub apă. În continuare, sunt prezentate, pe scurt, cele mai importante accesorii ale echipamentului de scufundare care trebuie să se afle în dotarea fiecărui scafandru sau al fiecărei şcoli, asociații sau societăți cu activități de scufundare.

2.8.1. Manometrul de control

Manometrul de control (Fig. 2.48) este un manometru de înaltă presiune pentru verificarea, înaintea fiecărei scufundări, a presiunii aerului stocat în butelia sau blocul de butelii aferente aparatului autonom de respirat sub apă. Manometrul de control are cadranul marcat în bar sau at (1 at = 0,981 bar). Manometrele de control produse în SUA au cadranul gradat în PSI (1 PSI = 6,9 · 0,01 bar = 6,8 · 0,01 at). Cu ajutorul manometrului de control se verifică dacă butelia de scufundare este umplută cu aer la o presiune corectă. Într-adevăr, o butelie umplută cu mai mult timp înainte de scufundare poate pierde aer şi, în consecință, stocajul de aer rămas în butelie nu mai poate asigura autonomia pe care scafandrul conta. De aceea, fiecare scafandru trebuie să-şi facă un obicei din verificarea presiunii aerului din butelie înaintea fiecărei scufundări.

Manometrul de control este un manometru cu element elastic de acelaşi tip cu

manometrul submersibil, cu deosebirea că nu trebuie să fie nici etanş şi nici rezistent la presiune exterioară. Manometrul de control este de asemenea prevăzut cu un dispozitiv de racordare rapidă la robinetul buteliei de scufundare (jug) şi o supapă cu acționare manuală pentru evacuarea aerului sub presiune rămas în interiorul manometrului după închiderea robinetului buteliei.



Fig. 2.48. Manometru de control

Utilizarea manometrului de control comportă următoarele etape: se racordează manometrul la butelia de scufundare cu robinetul închis, apoi se deschide robinetul, se citeşte presiunea aerului din butelie, se închide robinetul buteliei, se purjează aerul rămas sub presiune în interiorul manometrului acționând supapa de evacuare după care se demontează manometrul de control.

Verificarea presiunii aerului din butelie înainte de scufundare este obligatorie în special atunci când aparatul de respirat nu are în componență un manometru submersibil.

2.8.2. Steagul de semnalizare pentru scufundare

Personalul navigant, aflat într-o ambarcațiune ce se deplasează la suprafața apei, nu poate observa un scafandru aflat sub apă. Chiar şi atunci când scafandrii se află la suprafața apei, pregătiți pentru o imersiune sau după efectuarea unei scufundări, aceştia sunt greu de observat dintr-o ambarcațiune care se deplasează rapid. De aceea, steagul de semnalizare pentru scufundare este un accesoriu important pentru desfăşurarea activităților subacvatice în deplină siguranță. Steagul de semnalizare protejează echipa de scafandri avertizând ambarcațiunile cæ în zona respectivă se află scafandri sub apă.

Steagul de semnalizare în scufundarea sportivă poate fi un steag roşu cu o bandă albă care-l traversează în diagonală (Fig. 2.49, a). Steagul de semnalizare, prins pe un braț cu o lungime de cel puțin 1 m, trebuie să aibă dimensiuni suficient de mari şi să fie arborat la o înălțime cât mai mare, astfel încât să poată fi observat de la distanță mare, în orice condiții de vizibilitate atmosferică. Pentru scufundări de noapte există şi steaguri de semnalizare fosforescente.

Steagul „alfa“ (Fig. 2.49, b) este alb şi albastru, în coadă de rândunică, cu un „V“ tăiat într-o parte. Acesta este un steag folosit în special pe ambarcațiunile

suport pentru scufundare, avertizând prezența scafandrilor sub apă. Acest steag de semnalizare, aparținând codului internațional de semnale, este utilizat, în special, în scufundarea profesională.
Steagurile de semnalizare a scufundării sunt amplasate de obicei pe un plutitor, care poate fi o geamandură, o plută, un tub gol, o barcă pneumatică, sau orice altă improvizație. Plutitorul trebuie să fie colorat pe întreaga suprafață laterală a părții emerse. Plutitorul pe care se fixează steagul de semnalizare poate fi folosit şi ca o bază la suprafața apei, ca platformă pentru repaus sau pentru caz de urgență. Plutitorul poate fi prevăzut cu grătare şi cu dispozitive de prindere pentru depozitarea elementelor de echipament.

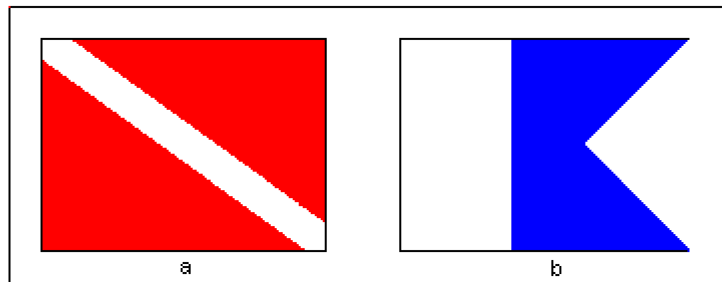


Fig. 2.49. Steaguri de semnalizare pentru scufundare.
a. steag pentru scufundări sportive; b. steag "alfa"

2.8.3. Fluierul de semnalizare

Există posibilitatea ca, aflați la suprafața apei, scafandrii să se despartă unul de celălalt în mod accidental, depărtându-se de ambarcațiune, de plută sau de țărm. De aceea, folosirea fluierului îi poate ajuta să se regăsească.

Fluierul de semnalizare (Fig. 2.50) este confecționat din material plastic sau din alt material anticoroziv. Fluierul se ataşează de obicei la mecanismul de umflare al vestei de salvare. Poate fi uşor auzit chiar atunci când suflă vântul sau sunt valuri, iar folosirea lui este mai puțin obositoare decât semnalizarea vocală.

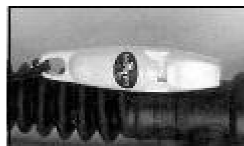


Fig. 2.50. Fluier de semnalizare

2.8.4. Lanterna subacvatică

Lanterna subacvatică (Fig. 2.51) este o lampă portativă utilizată pentru iluminarea locală sub apă. Cu ajutorul lanternei subacvatice se pot efectua scufundări pe timp de noapte. De asemenea, lanterna subacvatică se poate utiliza şi la scufundări pe timpul zilei pentru a reda culorile obiectelor şi viețuitoarelor subacvatice. Astfel, este cunoscut că, la adâncimi de peste 20 m, majoritatea culorilor spectrului sunt absorbite în masa apei. Lumina restaurează culorile roşu şi galben. Există trei tipuri de lanterne subacvatice. Primul tip este lanterna etanşă clasică. Al doilea tip foloseşte baterii mai puternice, cu capacitate

ridicată şi becuri de construcţie specială şi este ca un far de automobil, etanş, având încorporate un reflector şi o lentilă specială. Al treilea tip de lanternă subacvatică foloseşte o baterie reîncărcabilă, fiind prevăzută cu un încărcător pentru baterii, şi funcționeză timp de 1 ... 3 ore înainte de a fi nevoie ca bateriile să fie reîncărcate. Lanterna subacvatică trebuie să fie etanşă şi rezistentă la presiune exterioară. Dacă bateria este fixată în interiorul lanternei într-un lăcaş din material plastic sau metal, atunci trebuie avut grijă ca păstrarea bateriilor să se facă într-un loc separat de carcasa lanternei, iar lăcaşul să fie curățat şi uscat periodic. După fiecare scufundare, lanterna se va spăla la exterior cu apă dulce, curată.



Fig. 2.51. Lanterne subacvatice

2.8.5. Cuțitul de scafandru

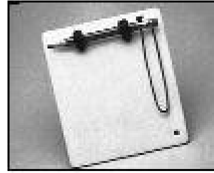
Cuțitul de scafandru (Fig. 2.52) este unul din cele mai importante accesorii ale echipamentului de scufundare. El poate fi folosit ca fierăstrău, şurubelniță, levier precum şi pentru măsurare şi tăiere.

Lama cuțitului poate avea diferite forme şi, de obicei, este prevăzută cu o margine cu dinți de fierăstrău. Ea trebuie să fie confecționată din oțel de înaltă calitate, inoxidabil. Mânerul cuțitului trebuie să fie realizat dintr-un material incasabil şi să aibă o formă corespunzătoare pentru a fi ținut bine în mână. Teaca trebuie să fie prevăzută cu un sistem de curele pentru prinderea la picior şi cu catarame rezistente. Pentru a fi accesibil cu ambele mâini, cuțitul poate fi purtat la interiorul pulpei. Sub apă, cuțitul poate fi utilizat pentru tăierea gutei de pescuit, a năvoadelor sau a saulelor, atunci când acestea se agață de una din piesele echipamentului, precum şi pentru desprinderea unor cochilii, degajarea şi răzuirea unor obiecte etc. În ciuda aparențelor, cuțitul se foloseșțe destul de rar pentru apărare împotriva viețuitoarelor marine sau pentru vânătoare subacvatică. După scufundare, cuțitul împreună cu teaca se clătesc cu apă dulce, curată.


Fig. 2.52. Cuțit de scafandru

2.8.6. Plăcuța de scris sub apă

Plăcuța de scris sub apă (Fig. 2.53) poate fi folosită în timpul scufundărilor pentru evidența timpilor de decompresie, a adâncimilor, a temperaturilor şi a altor observații. De asemenea, plăcuța de scris sub apă poate fi folosită şi pentru comunicarea cu ceilalți scafandri în timpul imersiei.


Fig. 2.53. Plăcuța de scris sub apă

2.8.7. Balonul subacvatic

Balonul subacvatic (Fig. 2.54), destinat ridicării de obiecte grele către suprafața apei, este un sac realizat din material impermeabil, deschis la partea inferioară şi umplut cu aer. Balonul subacvatic este confecționat din pânză cauciucată şi este prevăzut cu un sistem de chingi pentru prinderea obiectelor care trebuie ridicate la suprafața apei. Pentru ridicarea unui obiect cu o anumită greutate, se introduce aer pe la partea inferioară a balonului până când flotabilitatea acestuia, împreună cu obiectul de ridicat, devine pozitivă şi începe urcarea către suprafața apei. Pe măsură ce balonul împreună cu greutatea de ridicat urcă către suprafață, presiunea hidrostatică scade, iar volumul aerului din balon creşte, surplusul de aer fiind eliminat în mod automat, pe lângă marginea inferioară a balonului. Există şi baloane subacvatice prevăzute cu o supapă cu acționare manuală pentru evacuarea aerului din balon, aceasta dând posibilitatea unui reglaj fin a flotabilității prin modificarea controlată a forței arhimedice.



Fig. 2.54. Balon subacvatic

2.8.8. Scuterul subacvatic

Scuterul subacvatic (Fig. 2.55) este un vehicul subacvatic autopropulsat utilizat la tractarea sub apă a scafandrului autonom. Propulsia scuterului subacvatic constă dintr-o elice întubată, antrenatæ de un motor electric alimentat de la o baterie de acumulatoare amplasată într-o carcasă etanşă, profilată hidrodinamic. Pentru deplasarea sub apă, scafandrul ține scuterul de cele două mânere cu care este prevăzut, fiind tractat de către acesta în direcția dorită cu o viteză de 2 ... 3 Nd (noduri; 1 Nd = 1 Milă/h =1,85325 km/h). Schimbarea direcției de deplasare sub apă se realizează prin simpla modificare a orientării scuterului până la atingerea direcției dorite.

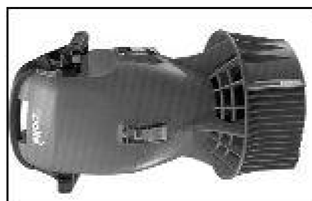


Fig. 2.55. Scuter subacvatic

2.8.9. Trusa cu piese de schimb şi scule pentru reparații

Trusa cu piese de schimb şi scule este destinată întreținerii şi reparării echipamentului de scufundare precum şi asigurării posibilității de înlocuire a unor elemente de echipament în cazul defectării, distrugerii sau pierderii acestora. O trusă simplă cu piese de schimb şi scule reprezintă un mijloc excelent de a avea un echipament de scufundare în bună stare de funcționare.

În continuare se prezintă piesele de schimb şi sculele pentru reparații pe care poate să le conțină o astfel de trusă: • baretă pentru labe de înot şi cataramă; • baretă pentru vizor şi cataramă; • dispozitiv pentru fixarea tubului de respirat la vizor; • geam pentru vizor; • cartuş cu bioxid de carbon pentru umflarea vestei de salvare; • garnituri tip O-ring pentru robinetul buteliei; • dop de protecție pentru etajul **II** al detentorului; • baterii pentru lanterna subacvatică; • soluție de lipit pentru neopren; • petice pentru vesta de salvare; • ac şi ață; • spray siliconic; • soluție anticondens; • unsoare siliconică; • bandă adezivă; • saulă din nylon; • chei fixe; • cheie reglabilă; • patent; • cleşti; • şurubelnițe; • briceag. Funcție de

tipul echipamentului, de elementele componente ale acestuia şi de condiţiile de scufundare, trusa mai poate conţine şi alte scule şi piese de schimb.

2.8.10. Geanta pentru echipament

Geanta pentru echipament (Fig. 2.56) este un sac special dimensionat, conceput şi realizat pentru transportul şi păstrarea echipamentului la locul de scufundare. Există mai multe tipuri de genţi pentru echipament de scufundare. Geanta pentru echipament trebuie să fie destul de încăpătoare pentru a cuprinde tot echipamentul, exceptând butelia şi centura de lestare care se transportă separat. Cusăturile, mânerele şi fermoarele acestei genţi trebuie să fie durabile şi rezistente la coroziune. Materialele cel mai des folosite sunt bumbacul, gutaperca, nylonul, vinylul întărit sau materialul plastic. Când se împachetează echipamentul de scufundare, se pun mai întâi labele de înot şi alte piese incasabile la fundul genţii. Instrumentele delicate, ca detentorul, manometrul, busola şi aparatul de fotografiat subacvatic, se pun în geantă după ce în prealabil au fost introduse în carcase separate, rigide. Nu se va împacheta nici o piesă de echipament decât dacă este complet curată şi uscată. Geanta trebuie să fie suficient de rezistentă la greutatea totală a pieselor de echipament ce se vor introduce în ea, precum şi la manevre dure.



Fig. 2.56. Genţi pentru echipament

Partea a doua

FIZICA ŞI FIZIOLOGIA SCUFUNDĂRII. TABELE DE DECOMPRESIE. ACCIDENTE DE SCUFUNDARE

3. ELEMENTE GENERALE DE FIZICA SCUFUNDĂRII

Cea mai mare parte a persoanelor neinițiate în problemele de pătrundere a omului sub apă, au tendința de a-şi imagina că este suficient ca scafandrul să fie alimentat cu aer de la suprafață sau prin intermediul unui aparat autonom de respirat, ca el să se comporte şi să evolueze în mediul acvatic la fel ca în mediul aerian.

Situația reală este însă cu totul alta deoarece apa, datorită proprietăților sale fizice, foarte diferite de cele ale aerului, impune scafandrului o adaptare specială la acest nou mediu. Sub apă, coborârea pe verticală este însoțită de variații rapide de presiune şi de volum precum şi de variații importante de densitate, temperatură şi salinitate. De asemenea, sub apă, schimburile de căldură sunt mai intense, iar pătrunderea luminii este mai slabă. În plus, diferența mare dintre densitatea apei şi cea a aerului conduce la creşterea rezistenței hidrodinamice la deplasare, precum şi la încetinirea tuturor mişcărilor sub apă.

Aceste caracteristici fizice ale apei, precum şi variațiile acestora cu adâncimea, conduc la modificări importante ale parametrilor fiziologici ai organismului uman, ceea ce a făcut pe fiziologişti să considere această interacțiune dintre mediul acvatic şi organismul uman ca o „agresiune“ la care scafandrul trebuie, prin echipamentul de care dispune şi prin tehnicile pe care şi le-a însuşit, să se adapteze.

În acest capitol, sunt prezentate elemente generale privind fizica scufundării, elemente care stau la baza explicării aspectelor fiziologice ale scufundării, proiectării echipamentelor de scufundare, precum şi la stabilirea tehnicilor şi tehnologiilor de pătrundere a omului sub apă.

3.1. Presiunea hidrostatică

Presiunea hidrostatică este o mărime scalară care exprimă gradul de comprimare a unui fluid aflat în repaus, într-un punct din interiorul acestuia. Presiunea hidrostatică defineşte complet starea de tensiune a fluidului din punctul respectiv.

3.1.1. Unități de măsură pentru presiune

În sistemul internațional de unități de măsură (SI), având ca mărimi fundamentale masa, lungimea şi timpul, exprimate în kilograme (kg), metri (m) şi respectiv secunde (s), unitatea de măsură pentru presiune (*p*) este Newtonul pe metru pătrat (N/m²), numit şi Pascal (Pa). Deci, în sistemul SI sau MKS:

$$< p >_{SI} = N/m^2 = Pa.$$

În practica scufundării, unitatea de măsură uzuală pentru presiune este barul (bar):

$$1 \text{ bar} = 1 \text{ daN/cm}^2 = 100\,000 \text{ N/m}^2 = 100\,00 \text{ Pa}.$$

Se mai păstrează obiceiul ca în hidraulica aplicată să se exprime presiunea şi în sistemul tehnic de unități de măsură. Acest sistem are ca mărimi fundamentale forța (greutatea), lungimea şi timpul exprimate în kilograme-forță (kgf), metri (m) şi respectiv secunde (s), fiind numit şi sistemul MKfS. În sistemul MKfS, unitatea de măsură pentru presiune este kilogramul-forță pe metru pătrat:

$$< p >_{MKfS} = kgf/m^2.$$

În practica scufundării, se mai păstrează obiceiul de a se utiliza pentru exprimarea presiunii o unitate de măsură clasică numită atmosfera (at):

$$1 \text{ at} = 1 \text{ kgf/cm}^2 = 9{,}81 \text{ N/cm}^2 = 9{,}81 \cdot 104 \text{ N/m}^2 = 9{,}81 \cdot 10\,000 \text{ Pa}.$$

Prin urmare, în aplicațiile practice din domeniul scufundării, se poate considera, fără a face erori semnificative, că atmosfera este egală cu barul:

$$1 \text{ at} = 9{,}81 \cdot 10\,000 \text{ N/m}^2 \approx 100\,000 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ bar}.$$

Această aproximație, admisă în domeniul scufundării, este justificată prin nivelul de precizie al manometrelor şi profundimetrelor utilizate în acest domeniu.

3.1.2. Presiunea atmosferică

Atmosfera reprezintă stratul de aer care înconjoară globul terestru. Atmosfera reală se împarte în două straturi numite troposfera, care se întinde de la suprafața pământului până la o altitudine de circa 1 km şi stratosfera. Acest strat de aer, numit atmosfera terestră, exercită la baza lui (la suprafața Pământului) o presiune numită *presiunea atmosferică.*

Presiunea atmosferică la nivelul mării, exprimată în scară barometrică (absolută), este de circa o atmosferă în scară absolută (1 ata). Deci:

$$(p_{at})_{abs} = 1 \text{ ata} \approx 100\,000 \text{ N/m}^2 \text{ (sc. abs.)} = 1 \text{ bar (sc. abs.)}.$$

În interiorul stratului atmosferic presiunea scade cu creşterea altitudinii. Această variație a presiunii cu altitudinea poate fi exprimată prin legea barometrică reprezentată grafic în figura 3.1.

Analizând legea de variație a presiunii cu altitudinea în atmosfera terestră, se observă că este necesară o urcare până la o altitudine de aproximativ 5 000 m pentru ca presiunea să scadă la jumătate (de la 1 ata la 0,5 ata). Din contră, în

apă, conform legii generale a hidrostaticii, este suficientă coborârea la 10 m adâncime sub suprafața liberă a apei pentru ca presiunea să se dubleze crescând de la 1 ata la ata.

Cunoaşterea acestei scăderi a presiunii cu altitudinea este foarte importantă în stabilirea tabelelor de decompresie după scufundări în lacuri situate la altitudini mari, precum şi la stabilirea limitelor de timp şi de altitudine pentru zborul cu avionul sau elicopterul după efectuarea unei scufundări.

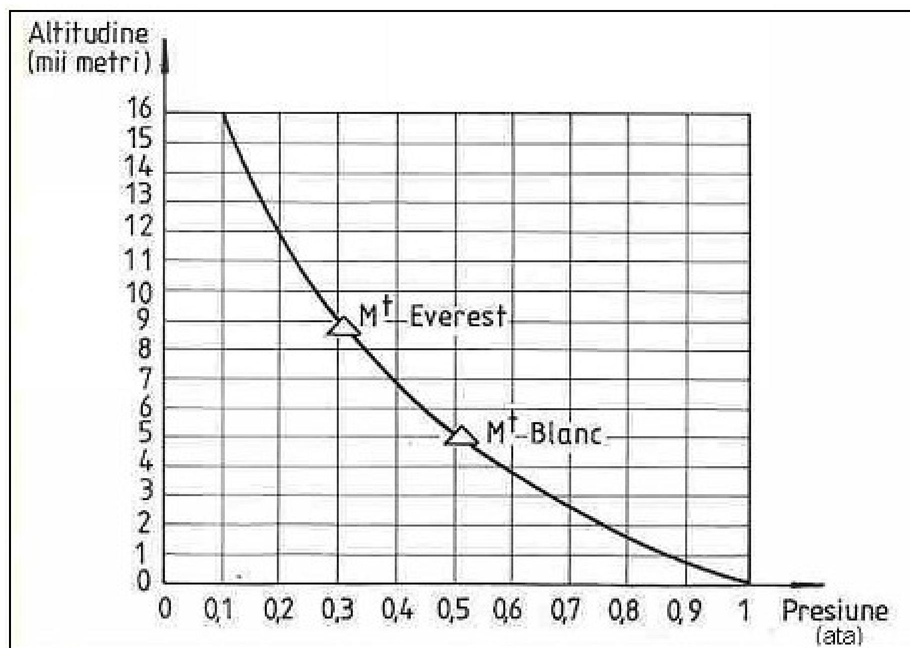


Fig. 3.1. Variația presiunii cu altitudinea

3.1.3. Scări pentru exprimarea presiunii

Există două scări pentru exprimarea presiunii: scara relativă (manometrică) şi scara absolută (barometrică).

Scara relativă (manometrică) are ca origine (valoare zero) presiunea atmosferică (zero relativ). În această scară, presiunile mai mari ca presiunea atmosferică au valori pozitive (suprapresiuni), iar presiunile mai mici ca presiunea atmosferică au valori negative (depresiuni). În scara relativă, presiunea atmosferică este deci egală cu zero:

$$(p_{at})_{rel} = 0.$$

Scara absolută (barometrică) are ca origine (valoare zero) vidul absolut (zero absolut). În această scară, toate presiunile au valori pozitive. În scara absolută, presiunea atmosferică este:

$$(p_{at})_{abs} = 1 \text{ ata} \approx 1 \text{ bar (sc. abs.)}.$$

Relația între cele două scări corespunde translației originii. Astfel, presiunea

dintr-un punct din fluid exprimată în scară absolută $(p)_{abs}$ este egală cu presiunea în scară relativă $(p)_{rel}$ plus presiunea atmosferică exprimată în scară absolută $(p_{at})_{abs}$:

$$(p)_{abs} = (p)_{rel} + (p_{at})_{abs} . \qquad (3.1)$$

Trebuie menționat faptul că, atunci când se măsoară presiunea cu ajutorul manometrului, fie că este vorba de presiunea aerului din butelie, fie că este vorba de adâncimea de imersie (măsurată cu un manometru gradat în metri numit profundimetru), presiunea va fi indicată totdeauna în scară relativă (manometrică).

Atunci când se aplică relațiile de stare ale gazelor cum ar fi legea Boyle-Mariotte, în calcule se lucrează numai cu presiuni exprimate în scară absolută.

3.1.4. Variația presiunii cu adâncimea

Una din consecințele legii generale a hidrostaticii este aceea că presiunea hidrostatică (pe scurt, presiunea), creşte liniar cu adâncimea conform relației (Fig. 3.2):

$$p = pat + \rho gh , \qquad (3.2)$$

unde p_{at} este presiunea atmosferică la suprafața liberă a apei (p_{at}= 0, în scară relativă, iar p_{at} = 100 000 N/m² = 1 bar, în scară absolută), ρ este densitatea apei (ρ ≈ 1 000 kg/m³), g este accelerația gravitațională (g = 9,81 m/s² ≈ 10 m/s²), iar h este adîncimea, în metri, la care presiunea apei este p. Astfel, la o adâncime h = 20 m, presiunea va fi:

p = 1 000 · 10 · 20 =2 ·100 000 N / m² = 2bar, în scară relativă, sau

p = 100 000 + 1 000 · 10 · 20 = 3 ·100 000 N/m² = 3 bar, în scară absolută.

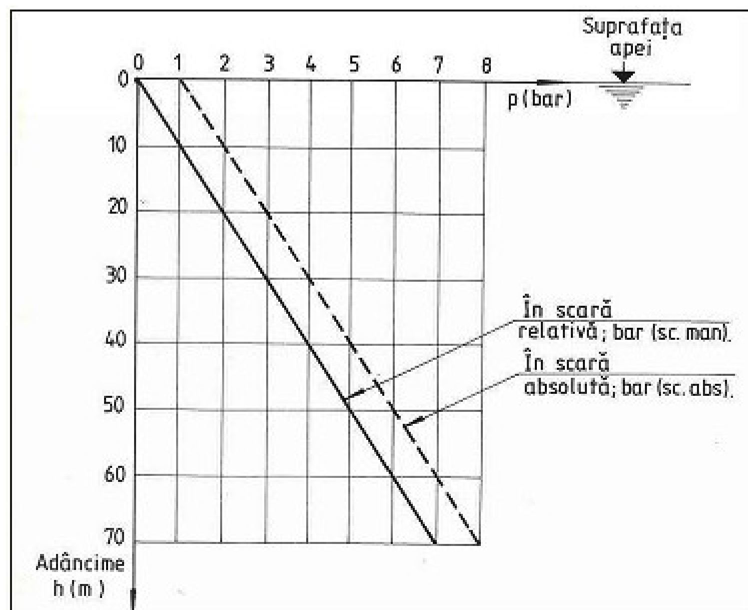


Fig. 3.2. Creşterea presiunii cu adâncimea

Ținând cont de legea generală a hidrostaticii şi de relația între scările de exprimare a presiunii, în tabelul 3.1 se prezintă modul în care variază presiunea cu adâncimea în scară relativă şi absolută. În tabelul de mai jos, presiunile apei la diferite adâncimi au fost calculate pentru o densitate a apei ρ = 1 000 kg/m³, valabilă pentru apă dulce. Apa de mare are densitatea ρ = 1 012 kg/m³, dar pentru adâncimi de până la 70 m se poate considera aproximativ egală cu 1 000 kg/m³ fără a face o eroare semnificativă, deoarece această eroare este inferioară erorii de precizie a unui aparat ca profundimetrul.

Tabelul 3.1

Creşterea presiunii cu adâncimea, în scară relativă şi absolută

Adâncime h	**Presiunea în scară relativă** $(p)_{rel}$	**+**	**Presiunea atmosferică în scară absolută** $(p_{at})_{abs}$	**=**	**Presiunea în scară absolută** $(p)_{abs}$
Suprafață 0 m	0	+	1 bar	=	1 bar
10 m	1 bar	+	1 bar	=	2 bar
20 m	2 bar	+	1 bar	=	3 bar
30 m	3 bar	+	1 bar	=	4 bar
40 m	4 bar	+	1 bar	=	5 bar
50 m	5 bar	+	1 bar	=	6 bar
60 m	6 bar	+	1 bar	=	7 bar

La gaze, unde densitatea este mult mai redusă ca la lichide (ex.: ρ_{aer} = 1,21 kg/m³, iar $\rho_{apă}$ = 1 000 kg/m³), se poate neglija termenul ρgh care reprezintă variația presiunii cu adâncimea. Astfel, se poate considera $p \sim$ constant în tot domeniul ocupat de gaz. Din acest motiv, presiunea aerului dintr-o butelie de stocare sau dintr-o barocameră poate fi considerată ca având aceeaşi valoare în orice punct din interiorul acestora.

3.1.5. Compresibilitatea gazelor

Compresibilitatea este proprietatea corpurilor fluide (lichide gaze) de a-şi modifica volumul la modificarea presiunii. Atunci când presiunea creşte, volumul corpului fluid scade şi invers.

Gazele, printre care şi aerul, sunt mult mai compresibile decât lichidele. De aceea, în aplicațiile practice specifice scufundării, lichidele se vor considera practic incompresibile, iar gazele ca fiind fluide compresibile. Pentru a deduce relațiile de stare care guvernează modificările de volum ale unui gaz la modificarea presiunii, se prezintă în continuare următoarea observație experimentală. Fie un clopot de unre nealimentat cu aer (Fig. 3.3).

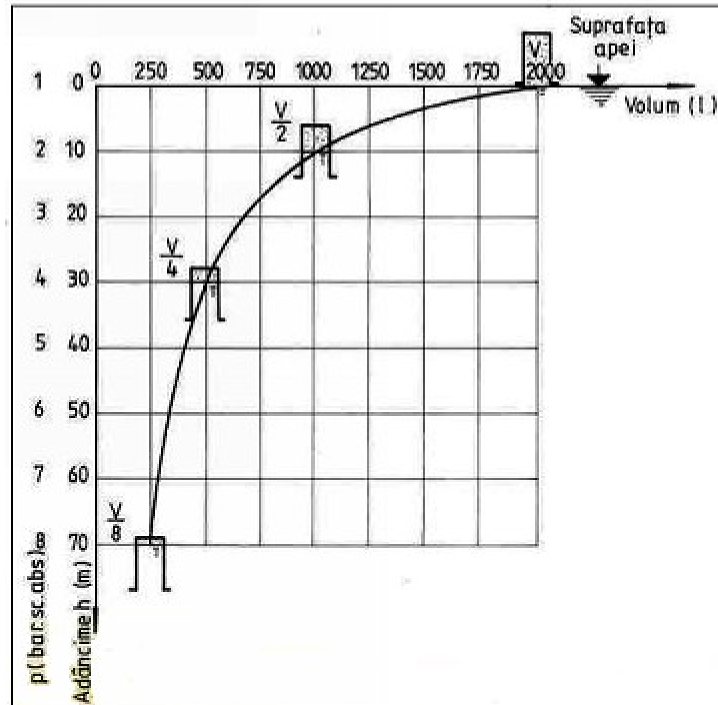


Fig. 3.3. Modificarea volumului unui gaz cu adâncimea (presiunea)

Acest clopot, situat inițial la suprafața apei unde presiunea este presiunea atmosferică, 1 bar(sc. abs.), are un volum de aer *V* (ex. *V* = 2 000 litri). Coborând clopotul progresiv în apă, menținându-l vertical pentru a nu pierde aerul din interior şi considerând că temperatura aerului rămâne constantă, se constată că volumul de aer va scădea invers proporțional cu presiunea (tabelul 3.2). Experiența de mai sus pune în evidență tocmai legea *Boyle-Mariotte* valabilă pentru o transformare izotermă (la temperatură constantă):

$$pV = \text{constant}, \qquad (3\text{–}3)$$

unde p este presiunea în scară absolută, iar V este volumul masei de gaz. Atunci când variază temperatura gazului o dată cu modificarea presiunii, legea capătă o formă mai generală, numită *relația lui Clapeyron* :

$$pV = MRT , \qquad (3\text{–}4)$$

unde p este presiunea în scară absolută (N/m²), *M* este masa gazului considerat (kg), *T* este temperatura absolută a acestuia (K), iar *R* reprezintă constanta gazului respectiv (J/kg K). Relația de mai sus, prin împărțirea cu masa *M* , se mai poate scrie sub forma:

$$p / \rho = RT \text{ sau } pv = RT , \qquad (3\text{–}5)$$

unde ρ şi *v* sunt densitatea (kg/m³) respectiv volumul specific (m³/kg) ale gazului considerat.

Tabelul 3.2

Modificarea volumului unui gaz funcție de presiune

Adâncimea	Presiunea în scară absolută	Volumul gazului de sub clopot
Suprafaţă 0 m	1 bar	V = 2 000 l
10 m	2 bar	V / 2 = 1 000 l
30 m	4 bar	V / 4 = 500 l
70 m	8 bar	V / 8 = 250 l

Pentru *T* = constant (transformare izotermă) rezultă:

$$p / \rho = \text{constant sau } pv = \text{constant}, \quad (3.6)$$

relații echivalente cu relația Boyle-Mariotte pV = constant.

Aceste ultime relații arată creşterea densității gazului la creşterea presiunii. Astfel, la o scufundare cu aer, dacă densitatea gazului respirat este de 1,2 kg/m³ la suprafața apei (la presiunea atmosferică : *p* = 1 bar, sc. abs.), ținând cont că, datorită concepției aparatului de respirat sub apă, scafandrul respiră aer la o presiune egală cu presiunea corespunzătoare adâncimii de imersie, densitatea aerului respirat va fi de 6 kg/m³ la 40 m adâncime, acolo unde presiunea este de 5 bar (sc. abs.).

3.2. Aerul ca amestec de gaze

Scafandrul autonom utilizează pentru respirația sub apă, aer livrat de aparatul de scufundare cu circuit deschis. Aerul utilizat în scufundare este chiar aerul atmosferic comprimat în buteliile aparatului de respirat sub apă, cu ajutorul compresorului. Aerul atmosferic este un amestec natural de gaze. În tabelul 3.3 este prezentată compoziția aerului exprimată atât prin concentrațiile (%), cât şi prin participațiile volumice (*r*) ale gazelor pure ce-l compun.

Tabelul 3.3

Compoziția aerului atmosferic exprimată în concentrații şi participații volumice

Gazele ce compun aerul	**Concentraţiile componentelor gazoase**	**Participaţiile volumice ale componentelor gazoase**
Oxigen (O_2)	20, 93 %	0, 2093
Azot (N_2)	78,10 %	0, 7810
Argon (Ar)	0, 9325 %	0, 009325
Bioxid de carbon (CO_2)	0, 01 %	0, 000100
Hidrogen (H_2)	0, 0018 %	0, 000018
Neon (Ne)	0, 0005 %	0, 000005
Kripton (Kr)	0, 0001 %	0, 000001
Xenon (Xe)	0, 00000 %	0, 00000009

Suma concentrațiilor gazelor pure ce compun aerul este egală cu 100 %, iar suma participațiilor volumice, *r* , ale aceloraşi componente este egală cu 1. Este evident că , exceptând oxigenul şi azotul, suma concentrațiilor celorlalte gaze ce compun aerul este mai mică de 1%. Din acest motiv, în cadrul problemelor legate de scufundarea cu aer, se poate considera că aerul este practic un amestec oxigen-azot (O_2, N_2), compus din 21 % oxigen şi 79 % azot. Deci, se poate scrie că:

$$r_{O_2} + r_{N_2} = 1. \qquad (3–7)$$

La temperatură constantă, presiunea unui amestec de gaze este egală cu suma presiunilor pe care le-ar avea fiecare din gazele componente dacă ar ocupa singur volumul total, sau altfel spus, presiunea amestecului de gaze este egală cu suma presiunilor parțiale ale gazelor pure care îl compun. Aceasta este *legea lui Dalton* . Astfel, pentru aer se poate scrie:

$$p_{aer} = p_{O_2} + p_{N_2} . \qquad (3–8)$$

Presiunile parțiale ale fiecărui gaz component al aerului se calculează cu relația:

$$p_{O_2} = r_{O_2} \,.\, p_{aer} , \qquad (3–9)$$
$$p_{N_2} = r_{N_2} \,.\, p_{aer}. \qquad (3–10)$$

Pentru aer la presiunea atmosferică (p_{aer} = 1 bar în scară absolută), presiunile parțiale ale celor două componente gazoase sunt:

$$p_{O_2} = 0{,}21 \cdot 1 = 0{,}21 \text{ bar (sc. abs.)},$$
$$p_{N_2} = 0{,}79 \cdot 1 = 0{,}79 \text{ bar (sc. abs.)}.$$

Suma presiunilor parțiale ale gazelor componente este evident egală cu presiunea amestecului gazos (aerului), deci, în acest caz, tocmai presiunea atmosferică:

$$p_{aer} = p_{O_2} + p_{N_2} = 0,21 + 0,79 = 1 \text{ bar (sc. abs).}$$

Pentru aer la 5 bar (sc. abs.), presiunile parțiale ale oxigenului şi azotului vor fi:

$$p_{O_2} = 0,21 \cdot 5 = 1,05 \text{ bar (sc. abs.),}$$

$$p_{N_2} = 0,79 \cdot 5 = 3,95 \text{ bar (sc. abs.).}$$

Şi în acest caz, suma presiunilor parțiale ale componentelor este egală cu presiunea aerului:

$$p_{aer} = p_{O_2} + p_{N_2} = 1,05 + 3,95 = 5 \text{ bar (sc. abs.).}$$

În timpul scufundării, scafandrul respiră aer compus din 21% oxigen şi 79% azot, participațiile volumice ale componentelor gazoase rămânând constante (r_{O_2} = 0,21, r_{N_2} = 0,79), indiferent de adâncime. Ținând cont că aparatul autonom de respirat sub apă cu aer este astfel conceput încât să permiă scafandrului să respire aer la presiune egală cu presiunea corespunzătoare adâncimii de imersie, rezultă că , în timpul coborârii, presiunea aerului respirat de scafandru creşte odată cu creşterea adâncimii conform legii generale a hidrostaticii $p = p_{at} + \rho gh$. Deoarece în timpul coborârii presiunea gazului respirat de scafandru din aparat creşte, vor creşte şi presiunile parțiale ale oxigenului şi azotului care îl compun (tabelul 3.4

Tabelul 3.4

Creşterea presiunilor parțiale ale componentelor aerului respirat cu creşterea adâncimii de scufundare

Adâncimea de scufundare h		**Presiunea aerului respirat** p_{aer} (sc. abs.)	**Presiunile parţiale ale componentelor gazoase ale aerului respirat** p_{O_2} (sc.abs.)	p_{N_2} (sc.abs.)
Suprafaţă	0 m	1 bar	0, 21 bar	0, 79 bar
	10 m	2 bar	0, 42 bar	1, 58 bar
	20 m	3 bar	0, 63 bar	2, 37 bar
	30 m	4 bar	0, 84 bar	3, 16 bar
	40 m	5 bar	1, 05 bar	3, 95 bar
	50 m	6 bar	1, 26 bar	4, 74 bar
	60 m	7 bar	1, 47 bar	5, 53 bar
	70 m	8 bar	1, 68 bar	6, 32 bar

Cercetările de medicina scufundării limitează superior presiunea parțială a azotului la p_{N_2} = 5,3 bar (sc. abs.) pentru evitarea apariției fenomenului de

"narcoză a azotului" ("beția adâncurilor") şi presiunea parțială a oxigenului la p_{O_2} =1,7 bar (sc. abs.) pentru preîntâmpinarea apariției crizei de hiperoxie datorată creşterii, peste limita critiă, a nivelului de oxigen din amestecul respirator. Din tabelul 3.4 rezultă că, la scufundările cu aer, "narcoza azotului" limitează scufundarea la 58 m, iar criza hiperoxică limitează scufundarea la 70 m. Ținând cont de cele de mai sus, s-a considerat că limita maximă de scufundare cu aer nu trebuie să depăşească adâncimea de 60 m, în acest fel, evitându-se apariția celor două fenomene. Pentru scafandrii începători, care nu-şi cunosc comportamentul la "narcoza azotului", fenomen care îşi poate face apariția la adâncimi cuprinse între 40 m şi 50 m, se recomandă ca aceştia să nu depăşească, în scufundarea cu aer, adâncimea de 40 m.

3.3. Dizolvarea şi degajarea gazelor

Gazele se dizolvă în lichidele cu care vin în contact. În condiții obişnuite, fenomenul urmează *legea lui Henry* : la temperatură constană, masa de gaz dizolvată într-un lichid, la saturație, variază direct proporțional cu presiunea parțială a gazului aflat în contact cu lichidul. Dacă temperatura creşte, cantitatea de gaz dizolvată, la saturație, scade şi invers. Cantitatea de gaze, dizolvată în lichid, la saturație, este funcție atât de tipul lichidului cât şi de tipul gazului. La un amestec de gaze acum este aerul respirat de scafandri, cantitatea de gaz dizolvată va fi proporțională cu presiunea parțială a fiecărui gaz component al amestecului. Spre exemplu, dacă aerul are o presiune de 4 bar (sc. abs.), cantitatea de oxigen dizolvată în lichid va fi proporțională cu p_{O_2} = 0,84 bar (sc. abs.), iar cantitatea de azot dizolvată în acelaşi lichid va fi proporțională cu p_{N_2} = 3,16 bar (sc. abs.). Procesul invers dizolvării este degajarea gazului din lichid, care se produce la scăderea presiunii.

3.3.1. Saturația

Pentru o mai bună înțelegere a fenomenelor de dizolvare şi degajare, se propune următorul experiment (Fig. 3.4). Se consideră un recipient ce conține un lichid, inițial degazat, deasupra căruia se constituie o pernă de gaz pur cu presiunea *P* . Gazul se va dizolva în lichid (se va produce absorbția gazului în lichid) până când lichidul se va satura cu gaz dizolvat. *Saturația* unui lichid cu un gaz dizolvat corespunde cantității maxime de gaz pe care lichidul îl poate absorbi la temperatură şi presiune constantă. Saturația este atinsă într-un anumit timp, curba reprezentând saturarea lichidului cu gaz având forma unei exponențiale (Fig. 3.4)

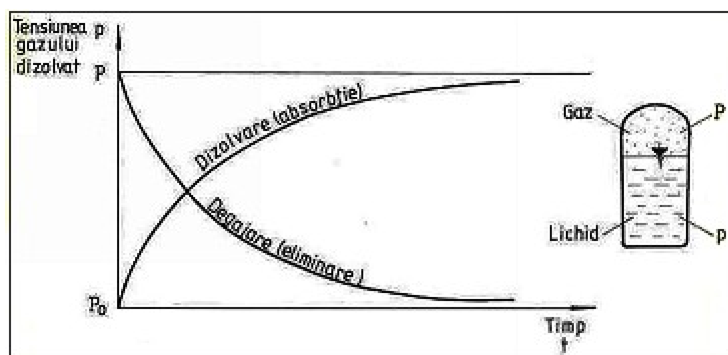


Fig. 3.4. Dizolvarea gazelor în lichide şi eliminarea gazelor din lichide

Definind tensiunea gazului dizolvat, *p* , aceasta creşte pe măsura trecerii timpului datorită creşterii cantității de gaz dizolvat în lichid. La saturație, tensiunea gazului dizolvat, *p* , atinge practic valoarea presiunii *P* a gazului de deasupra lichidului.

Atunci când gazul de deasupra lichidului nu este pur ci este un amestec de gaze, fiecare gaz component se va dizolva şi curbele de creştere a tensiunilor vor fi funcție de presiunile parțiale ale gazelor ce compun amestecul.

3.3.2. Desaturarea

Invers, dacă un lichid saturat cu gaz la presiunea *P* este adus la presiunea P_o , mai mică decât *P* , saturația lichidului va trece de la valoarea $p = P$ la valoarea $p = P_o$. Curba de *desaturare* (de degajare sau de eliminare a gazului dizolvat) va fi o curbă exponențială inversă şi simetrică cu precedenta (Fig. 3.4).

3.3.3. Suprasaturația

Atunci când scade presiunea exterioară, tensiunea gazului dizolvat devine superioară presiunii gazului aflat în contact cu lichidul. În acest caz, se spune că lichidul este în stare de *suprasaturație* . Suprasaturația este o stare instabilă şi există o valoare limită a raportului dintre presiunea gazului dizolvat şi presiunea ambiană, de la care echilibrul instabil este rupt, apărând fenomenul de degajare cu apariția de bule. Această limiă poară numele de *raport critic de suprasaturație.* Fenomenul de dizolvare (absorbție) şi degajare (eliminare) a gazelor în şi respectiv din lichide stau la baza explicării fenomenelor de saturare, desaturare şi suprasaturare a țesuturilor organismului scafandrului cu gazul inert (azotul) conținut în aerul respirator, în timpul coborârii sub apă (creşterii presiunii) şi respectiv în timpul urcării către suprafața apei (scăderii presiunii). În figura 3.5 se prezintă curbele de absorbție şi eliminare a azotului de către un țesut .

Azotul este caracterizat printr-o solubilitateîn apă de 14,5 ml/l şi printr-o solubilitate în grăsimi de 76 ml/l. În ceea ce priveşte fenomenul de suprasaturație, în cazul organismului uman, raportul critic de suprasaturție al diferitelor țesuturi este de ordinul de mărime 2. Respectarea acestei limite de suprasaturație este foarte importantă în evitarea, pe timpul urcării scafandrului

către suprafața apei, a degaării gazului inert din țesuturi cu apariția de bule care pot conduce la declanşarea accidentelor de decompresie.

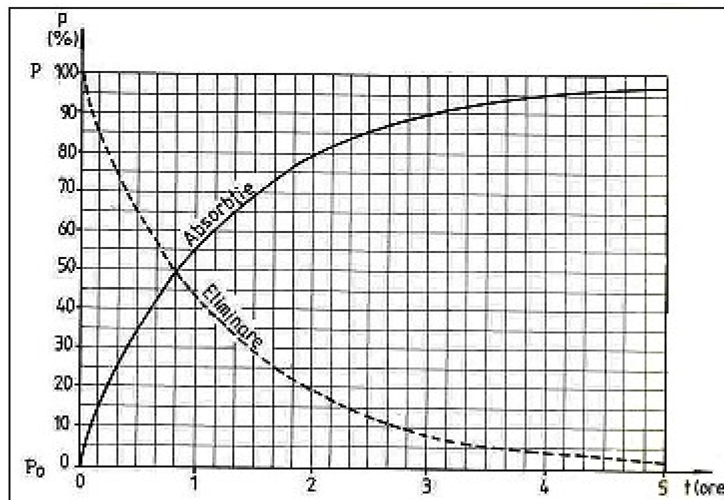


Fig. 3.5. Curbele teoretice de absorbție şi eliminare a azotului de către un țesut al organismului uman

3.4. Principiul lui Arhimede. Flotabilitatea scafandrului

În aer, greutatea unui obiect este considerată practic invariabilă. Greutatea menține diferitele corpuri, deci şi corpul omenesc, la suprafața solului. Sub apă, greutatea acestor corpuri continuă să existe dar, în plus, apa va exercita o forță dirijată de jos în sus, egală cu greutatea lichidului dislocuit, ce se compune cu greutatea.

3.4.1. Principiul lui Arhimede

Un corp aflat în interiorul unui fluid este împins pe verticală, de jos în sus, cu o foță egală cu greutatea volumului de fluid dislocuit. Acesta este principiul lui Arhimede şi este o consecință a forțelor de presiune pe suprafața oarecare ce mărgineşte corpul dat. Forța verticală de împingere în sus a corpului poartă numele de *forță arhimedică* , se notează cu *A* şi are următoarea expresie:

$$A = \rho g W \qquad (3\text{-}11),$$

unde ρ este densitatea fluidului, *g* - accelerația gravitațională, iar *W* este volumul de fluid dislocuit. Forța arhimedică acționează atât în lichide cât şi în gaze, la acestea din urmă fiind de cele mai multe ori neglijabilă datorită densității lor mult mai mici decât densitatea lichidelor (ex.: ρ_{aer} = 1,21 kg/m³, $\rho_{apă}$ = 1 000 kg/m³).

Prin urmare, asupra unui corp imersat într-un lichid acționează două forțe (Fig. 3.6):

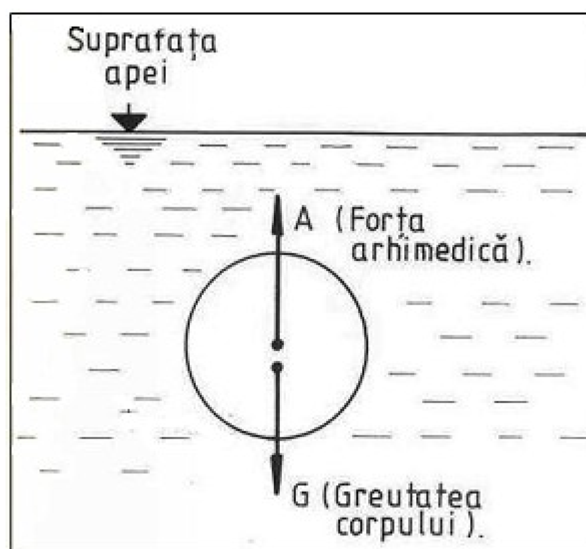


Fig. 3.6. Forțele care acționează asupra unui corp imersat într-un lichid

– o forță verticală dirijată de sus în jos - greutatea corpului, *G* ;

– - o forță verticală dirijată de jos în sus - forța arhimedică, *A* .

Diferența dintre forța arhimedică, *A* şi greutatea corpului, G, poartă numele de *flotabilitate* , *F* :

$$F = A - G . \qquad (3–12)$$

Funcție de mărimea relativă a celor două forțe, există următoarele situații:

- dacă forța arhimedică este mai mică decât greutatea ($A < G$), *flotabilitatea este negativă* ($F < 0$), iar corpul capătă o mişcare de coborâre în lichid;

- dacă foța arhimedică este mai mare decât greutatea ($A > G$), *flotabilitatea este pozitivă* ($F > 0$), iar corpul se ridică către suprafață. După ce corpul ajunge la suprafață, acesta va ieşi din apă până când volumul de apă dislocuit va conduce la o forță arhimedică egală cu greutatea corpului. În acest fel, corpul a devenit un plutitor de suprafață;

- dacă forța arhimedică este egală cu greutatea ($A = G$), *flotabilitatea este nul*ă ($F = 0$), iar corpul rămâne scufundat pe loc, nici nu urcă, nici nu coboară. Ținând cont de expresia flotabilității, rezultă: corpurile care au densitatea mai mică decât cea a apei ($\rho < \rho_{apă}$), cum ar fi lemnul, neoprenul şi aerul, au o flotabilitate pozitivă, iar cele care au densitatea mai mare decât cea a apei ($\rho > \rho_{apă}$), cum ar fi plumbul, oțelul şi aluminiul, au o flotabilitate negativă (Fig. 3.7).

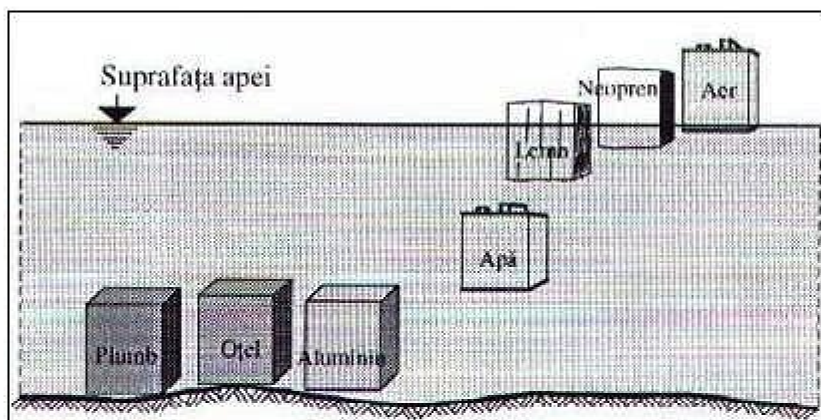


Fig.3.7. Corpuri cu flotabilitate pozitivă şi negativă

3.4.2. Flotabilitatea scafandrului

Corpul omenesc, fără nici un echipament, are o flotabilitate situată în jurul flotabilității nule. Aceasta deoarece densitatea medie a corpului uman este apropiată de densitatea mediului acvatic, corpul uman fiind alcătuit în proporție de 70% din apă. Cea mai mare parte din oameni au o flotabilitate pozitivă, având posibilitatea de a se menține în plutire la suprafața apei fără efort, iar atunci când pătrund sub apă în scufundare liberă, au tendința de a reveni la suprafață. Foarte puțini oameni au o flotabilitate negativă, având tendința de a se scufunda. Există oameni care au o flotabilitate foarte apropiată de flotabilitatea nulă. Aceştia nici nu plutesc, dar nici nu se scufundă. Unii oameni, funcție de alcătuirea corpului şi de mărimea plămânilor, au o flotabilitate pozitivă naturală mai mare. Grăsimea are o densitate mai mică decât muşchii şi oasele ce alcătuiesc corpul uman de aceea, oamenii graşi au o flotabilitate pozitivă ceva mai mare decât ceilalți.

Flotabilitatea corpului uman poate fi controlată cu ajutorul plămânilor. La o inspirație completă, corpul uman are o flotabilitate mai mult decât suficientă pentru a pluti la suprafața apei cu fața afară din apă. Prin urmare, controlând cantitatea de aer din plămâni, omul poate pluti fără efort la suprafața apei.

Scafandrul echipat complet, inclusiv cu centura de lestare, trebuie să aibă o flotabilitate apropiată de flotabilitatea nulă, astfel încât el să poată evolua sub apă cu mare uşurință. Atunci când flotabilitatea scafandrului echipat este nulă el se poate deplasa, cu efort minim, în toate direcțiile sau poate staționa, fără a face vreun efort, la adâncimea dorită. Senzația pe care o are un scafandru având flotabilitate nulă este asemănătoare cu aceea pe care o are un astronaut aflat în imponderabilitate. Ca pentru orice corp imersat, asupra scafandrului aflat sub apă acționează o forță de greutate şi o forță arhimedică. Greutatea este formată din greutatea scafandrului plus greutatea echipamentului. Forța arhimedică este dată de volumul dislocuit de scafandru cu tot cu echipament. În timpul scufundării, greutatea suferă o uşoară diminuare pe măsură ce scafandrul consumă aer din butelie. În rest, atât timp cât scafandrul nu larghează vreo piesă de echipament, greutatea nu va suferi nici o modificare. Forța arhimedică suferă de asemenea o foarte slabă diminuare pe măsură ce scafandrul coboară mai adânc, datorită comprimării bulelor de azot din neopren.

Ținând cont de aceste considerente, se recomandă ca, la începerea coborârii sub apă, scafandrul echipat să aibă o uşoară flotabilitate negativă ceea ce îi uşurează coborârea, ca odată ajuns la adâncimea de lucru flotabilitatea să ajungă să fie aproximativ nulă datorită diminuării cantității de aer din butelie, iar în timpul urcării către suprafață flotabilitatea să devină chiar pozitivă înlesnind astfel urcarea. Evident, flotabilitatea scafandrului suferă uşoare modificări şi în timpul respirației, datorită modificării forței arhimedice. Astfel, în timpul inspirației flotabilitatea scafandrului are o uşoară creştere, iar în timpul expirației, flotabilitatea suferă o uşoară diminuare. De aceea, se spune că un scafandru este corect lestat dacă atunci când expiră are o uşoară tendință de a coborâ, iar atunci când inspiră are tendința de a urca uşor. Scafandrul îşi poate regla flotabilitatea în timpul imersiunii prin modificarea forței arhimedice, cu ajutorul vestei de salvare. Atunci când apar probleme sub apă şi scafandrul trebuie să iasă imediat la suprafață, acesta trebuie să facă o manevră care să conducă la creşterea flotabilității. Acest lucru se poate realiza fie prin micşorarea greutății, prin largarea centurii de lestare sau a altui element de echipament, fie prin umflarea vestei de salvare. Tot prin umflarea vestei de salvare, scafandrul îşi poate asigura flotabilitatea pozitivă suficientă plutirii şi menținerii fără efort la suprafața apei.

3.5. Pătrunderea luminii în apă

Sub apă , lumina scade pe măsură ce adâncimea creşte. În apă limpede, la adâncimea de 5 m, energia luminoasă este redusă la 1/4 din valoarea de la suprafață, la 15 m ea va fi redusă la 1/8 din valoarea inițială, iar la 40 m valoarea energiei luminoase este diminuată la 1/30. O parte din această lumină se reflectă la suprafața liberă a apei, o altă parte este absorbită şi transformată în căldură, iar altă parte este difuzată de către moleculele de apă şi de către particulele solide aflate în suspensie în masa de apă, cum ar fi planctonul ți pulberile de origine minerală. Domeniul vizibil al ansamblului de radiații emise de soare, este cuprins între două lungimi de undă limită, una corespunzând ultravioletului, iar cealaltă infraroşului. Spectrul solar pune în evidență existența celor şapte culori fundamentale (violet, indigo, albastru, verde, galben, portocaliu şi roşu) prin suprapunerea cărora se constituie lumina albă. Absorbția este foarte intensă pentru roşu. Astfel, până la adâncimea de 10 m culorile roşu şi portocaliu sunt practic absorbite, galbenul şi verdele dispar la aproximativ 20 m adâncime, iar după această adâncime totul capătă o nuanță de albastru cu tente cenuşii (Fig. 3.8).

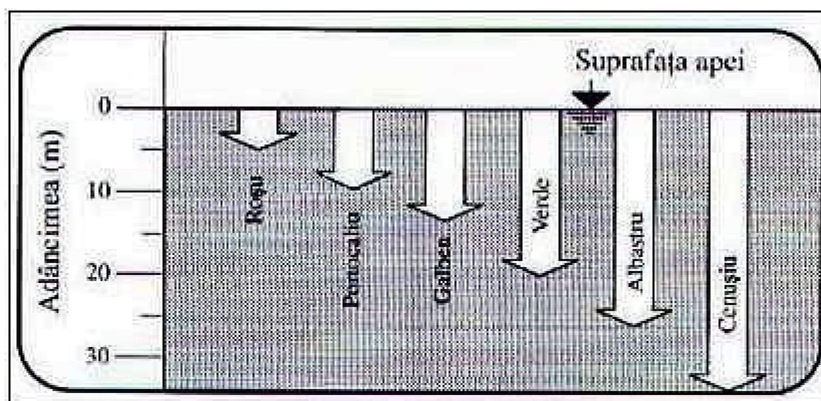


Fig. 3.8. Absorbția culorilor în apă

Lumina artificială folosită pentru creşterea vizibilității sub apă sau pentru efectuarea de fotografii, readuce toate culorile naturale indiferent de adâncime.

Difuzia, din contră, este maximă pentru violet şi albastru. Lumina difuzată formează un ecran între ochi şi obiectele observate. Difuzia luminii, care este funcție de suspensiile existente în apă, face ca vederea sub apă a scafandrului să fie mult îngreunată, chiar atunci când se foloseşte o sursă de lumină artificială. Din contră, dacă iluminarea nu este făcută corespunzător, ea poate amplifica difuzia. Acest fenomen de difuzie a luminii apare, în special, în apele tulburi ale fluviilor, în zona barajelor hidroenergetice, în zonele portuare, în zonele estuarelor, precum şi în apropierea epavelor, unde mişcările scafandrului conduc la ridicarea unor nori de particule aflate în suspensie în apă. Fenomenul de difuzie a luminii, cu efectul său numit turbiditate, reprezintă un impediment major în munca scafandrilor, în fotografierea şi filmarea subacvatică sau în transmiterea de imagini subacvatice la suprafață. Ținând cont de cele prezentate mai sus, se poate trage concluzia că vederea sub apă depinde de cantitatea de lumină care pătrunde în apă (aceasta fiind funcție de gradul de acoperire cu nori a cerului şi de înălțimea Soarelui pe bolta cerească), de adâncime şi de nivelul de transparență al apei (inversul turbidității).

3.6. Propagarea sunetelor şi ultrasunetelor în apă

Sunetele au o frecvență cuprinsă între 16 cicli/sec pentru cele mai grave şi de 16 000 cicli/sec pentru cele mai ascuțite. Vibrațiile cu frecvență mai mare, neperceptibile pentru urechea umană, sunt ultrasunetele. Sunetele şi ultrasunetele se propagă în apă cu o viteză de circa 1 500 m/s, deci cu o viteză de propagare (celeritate) mult mai mare decât viteza de propagare în aer care este de circa 300 m/s. Deci, viteza sunetului în apă este de aproximativ cinci ori mai mare decât în aer. Anumite zgomote subacvatice, aşa cum sunt cele produse de elicele motoarele ambarcațiunilor sau de exploziile subacvatice, pot fi auzite de către scafandri la distanțe foarte mari sub apă. În ciuda acestui fapt, vocea umană este dificil de folosit pentru comunicarea sub apă. În primul rând, vorbirea este îngreunată de existența piesei bucale a detentorului şi de dificultatea de a deschide gura pentru a articula câteva sunete fără să intre apă.

Dar, chiar dacă s-ar utiliza măşti faciale prevăzute cu piese oro-nazale pentru respirat, comunicarea sub apă prin vorbire rămâne foarte dificilă, deoarece sunetele pătrund mai greu din aer în apă şi apă în aer, astfel încât, practic, doar 1/10 000 din sunet este auzit. Cea mai obişnuită metodă de comunicare sub apă prin sunete este aceea de a emite sunete prin lovirea buteliei aparatului de respirat cu cuțitul sau cu o piatră. Această metodă are însă mari inconveniente în cazul comunicării la distanțe mai mari datorită imposibilității detectării direcției din care vine sunetul produs sub apă. Aceasta se explică prin faptul că determinarea direcției sunetului depinde de apariția unei mici diferențe de timp în percepția acestuia. Spre exemplu, un sunet produs în aer la dreapta observatorului, se propagă prin aer atingând mai întâi urechea dreaptă a observatorului apoi urechea stângă, o fracțiune de secundă mai târziu. Acest mic decalaj de timp este suficient pentru a permite observatorului să stabilească direcția din care vine sunetul. Sub apă, însă, acest decalaj de timp devine extrem de mic, practic dispare, datorită vitezei mult mai mari a sunetului sub apă decât în aer şi, în consecință, scafandrul nu poate stabili direcția din care vine sunetul. Telefonia subacvatică fără fir este posibilă în prezent prin modularea ultrasunetelor. În acest scop se utilizează echipamente ultrason (v. paragraful 7.9).

4. ELEMENTE GENERALE DE FIZIOLOGIA SCUFUNDĂRII

Toate elementele de fizica scufundării prezentate în capitolul 3 se referă la fenomene fizice care se manifestă în timpul scufundării, având repercursiuni asupra organismului uman.

În acest capitol sunt prezentate aspectele cele mai importante de fiziologia scufundării, aspecte care trebuie bine cunoscute de către scafandru pentru înțelegerea corespunzătoare a regulilor foarte stricte ce trebuie respectate în vederea preîntâmpinării apariției diferitelor accidente care pot apărea în timpul scufundării.

De asemenea, buna cunoaştere a principalelor aspecte ale fiziologiei scufundării permite scafandrilor o mai bună înțelegere a rolului pe care îl au diferitele piese de echipament şi a cerințelor pe care trebuie să le îndeplinească acestea în vederea asigurării funcționării corespunzătoare a organismului uman în condițiile impuse de mediul acvatic în care scafandrul trebuie să evolueze.

4.1. Efectele presiunii

Corpul omenesc nu este un mediu omogen, ci un mediu semiporos. Organismul uman este format din solide (oase, cartilagii), lichide (celule, sânge, lichide interstițiale) şi gaze conținute în cavități (plămâni, căi aeriene, ureche medie, sinusuri, intestine, stomac).

Solidele şi lichidele sunt practic incompresibile şi deci variațiile de presiune, la care este supus scafandrul în timpul scufundării, nu le afectează. În schimb, gazele din corpul omenesc, comportându-se ca fluide compresibile, suferă modificări importante sub acțiunea presiunii mediului ambiant, iar efectele presiunii asupra acestor gaze sunt determinante în apariția diferitelor fenomene specifice fiziologiei scufundării.

Pentru o mai bună înțelegere a efectelor presiunii asupra organismului scafandrului, trebuie reamintit faptul că scafandrul echipat cu aparatul de respirat sub apă, respiră aer la o presiune egală cu presiunea ambiantă, corespunzătoare adâncimii de imersie.

Efectele presiunii asupra corpului omenesc pot fi împărțite în trei categorii şi anume: *efecte mecanice, efecte biofizice* şi *efecte biochimice.*

4.1.1. Efectele mecanice ale presiunii

Efectele mecanice ale presiunii au la bază faptul că gazele aflate în cavitățile

organismului uman se supun legii Boyle- Mariotte şi se referă la acțiunea presiunii asupra gazelor din aparatul respirator pulmonar, precum şi asupra volumelor gazoase abdominale.

4.1.1.1. Acțiunea presiunii asupra aparatului respirator pulmonar

În cele ce urmează, se vor prezenta elemente generale privind structura aparatului pulmonar, fiziologia aparatului respirator şi efectele presiunii asupra aparatului respirator şi a anexelor sale.

a) Structura aparatului respirator pulmonar

În continuare, sunt prezentate componentele principale ale aparatului respirator pulmonar, încercând o selecție care să permită, ca din complicatul eşafodaj, să fie puse în evidență acele elemente de interes general care să conducă la o bună înțelegere anatomo-morfologică.

Aparatul respirator pulmonar poate fi considerat ca fiind alcătuit din următoarele componente: căile respiratorii, plămânii şi cavitățile pneumatice (Fig. 4.1).

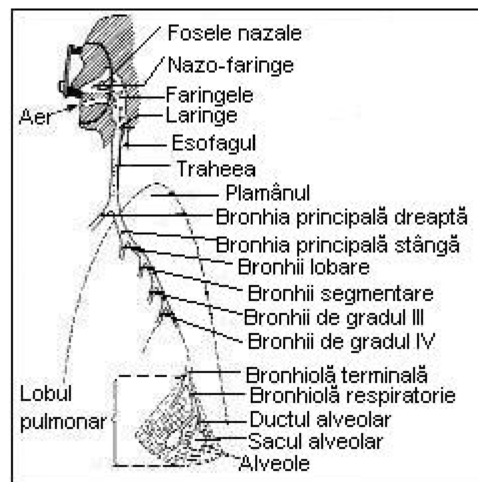


Fig. 4.1. Aparatul respirator pulmonar
Căile respiratorii

Căile respiratorii cuprind nasul, faringele, laringele, traheea, bronhiile şi bronhiolele.

Plămânii sunt organe spongioase şi elastice situate în cavitatea toracică. Cele două bronhii principale ce ramifică traheea, pătrund în cei doi plămâni la nivelul unei zone numită hil pulmonar. Din volumul total al corpului omenesc, volumul plămânilor ocupă 35 ... 40%. Dimensiunile plămânilor variază cu sexul, vârsta şi momentul funcțional.

Plămânii pot fi considerați ca un ansamblu de lobuli pulmonari (Fig. 4.2). Lobulul pulmonar este o mică masă în formă de piramidă cu volumul de circa 1 cm^3, constituită din ramificațiile bronhiilor secundare şi din vase sanguine. În interiorul lobulului, bronhia îşi pierde structura ei cartilaginoasă devenind bronhiolă intralobulară. Aceasta, la rândul ei, se ramifică în bronhiole respiratorii care şi ele se ramifică în canale alveolare. Canalele alveolare se termină în sacii alveolari. Atât canalele alveolare cât şi sacii alveolari sunt cudați, având forma unor nişe semisferice, numite alveole pulmonare. Alveolele pulmonare reprezintă

elementele funcționale ale plămânului, ele constituind compartimentele în care se efectuează schimbul de gaze dintre aerul respirat şi sânge.

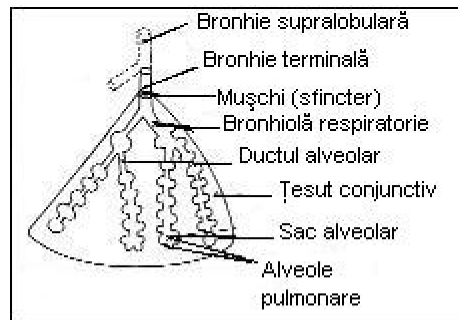


Fig. 4.2. Lobul pulmonar (schemă)

Cavitățile pneumatice nu au nici un rol respirator direct, ele comunicând cu căile aeriene propriu-zise. Cavitățile pneumatice sunt sinusurile (frontale, maxilare, etmoidale şi sfenoidale) (Fig. 4.3) şi urechea medie (Fig. 4.4) ce se deschide în faringele nazal care face trecerea dinspre fosele nazale spre cavitatea bucală.

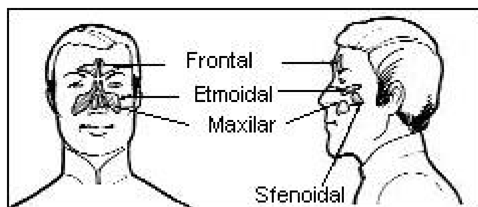


Fig. 4.3. Sinusurile

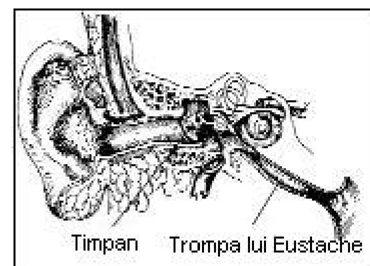


Fig. 4.4. Schema de ansamblu a urechii

b) Fiziologia aparatului respirator pulmonar

Respirația este definită ca succesiunea regulată a mişcărilor de inspirație şi expirație care conduce la reînnoirea constantă a aerului la nivelul alveolelor pulmonare. Prin urmare, respirația comportă două faze: inspirația şi expirația.

Inspirația este un proces activ. Muşchii inspiratori se contractă mărind dimensiunile cutiei toracice, în special partea inferioară a acesteia, prin coborârea muşchiului diafragm. Plămânii, fiind solidari cu cutia toracică, vor suferi şi ei o dilatare, ceea ce conduce la apariția unei scăderi a presiunii la nivel alveolar sub valoarea presiunii mediului înconjurător (la un scafandru aflat în imersie şi respirând aer la presiune egală cu presiunea exterioară, la inspirație, presiunea aerului din plămâni scade sub valoarea presiunii corespunzătoare adâncimii de imersie). Această scădere a presiunii din plămâni conduce la antrenarea de aer din aparatul de respirat, prin intermediul detentorului. Detentorul este astfel conceput şi reglat încât să livreze aer imediat ce apare această depresiune intrapulmonară la faza de inspirație (v. paragraful 2.4).

Expirația este o mişcare pasivă. Când încetează acțiunea muşchilor inspiratori, cutia toracică tinde să revină la forma şi dimensiunile inițiale. Plămânii fiind elastici se retractă şi ei, iar muşchiul diafragm este atras în sus. Astfel, aerul din plămâni este expulzat către exterior. La scafandrul respirând cu aparat autonom, aerul expirat este evacuat prin supapa de expirație şi deflectorul de

bule, în mediul acvatic exterior. În mod excepțional, muşchii expiratori ajută la expirație, aceasta devenind activă.

Fazele de inspirație şi expirație se succed ritmic, constituind un ciclu respirator. Frecvența respiratorie este de circa 16 cicli pe minut la bărbat şi de circa 18 cicli pe minut la femeie. La scafandri, utilizând un aparat de respirat sub apă, frecvența respiratorie este ceva mai scăzută, dar respirația este mai amplă.

Este cunoscut faptul că există posibilitatea de a varia în mod voluntar volumele de aer inspirate şi expirate. Astfel, defalcate pe anumite momente ale ciclului respirator, se disting următoarele volume pulmonare (Fig. 4.5):

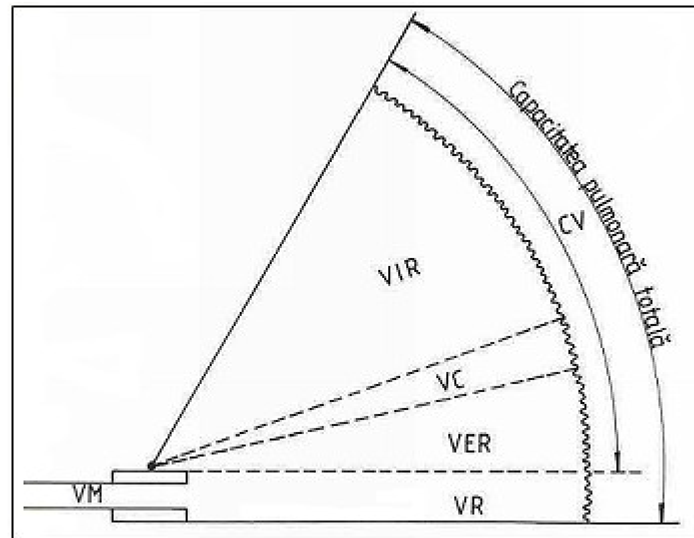


Fig. 4.5. Prezentarea schematică a volumelor pulmonare

- *volumul curent* (VC), care este volumul inspirat şi expirat în timpul unui ciclu respirator normal (în mod obişnuit VC = 500 ml);
- *volumul inspirator de rezervă* (VIR), care este volumul suplimentar inspirat după efectuarea unei inspirații normale prin prelungirea inspirației normale cu o inspirație forțată (VIR ≈ 3 000 ml);
- *volumul expirator de rezervă* (VER), care este volumul suplimentar evacuat printr-o expirație forțată efectuată la sfârşitul expirației normale (VER ≈1 100 ml);
- *capacitatea vitală* (CV), care se calculează însu-mând volumul curent (VC), volumul inspirator de rezervă (VIR) şi volumul expirator de rezervă (VER); capacitatea vitală este deci, volumul expirat printr-o expirație forțată după o inspirație forțată (CV ≈ 4 600 ml);
- *volumul rezidual* (VR), care este volumul de aer ce continuă să rămână în plămâni, chiar după o expirație forțată (VR ≈1 200 ml);
- *volumul spațiului mort* (VM), care cuprinde aerul conținut în bronhii, în căile aeriene superioare, în gură, în fosele nazale, precum şi în sinusuri şi în urechea medie; în aceste spații nu se produce nici un schimb de gaze cu toate că în interiorul lor se află aer.

Totalitatea proceselor mecanice (externe) şi chimice (interne) care asigură schimbul de gaze la nivelul plămânilor poartă numele de *ventilație pulmonară.*

Ventilația pulmonară permite aprovizionarea alveolelor cu oxigen, care va

trece în sânge şi evacuarea în exterior a bioxidului de carbon pe care sângele îl deversează în alveole (Fig. 4.6).

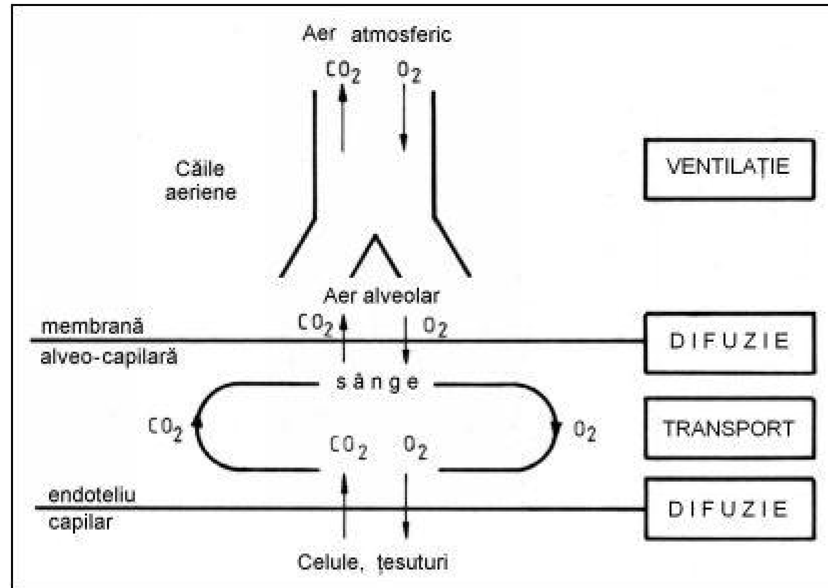


Fig. 4.6. Schema schimbului de gaze: aer atmosferic - aer alveolar - sânge - țesuturi

Curățirea sângelui de bioxidul de carbon şi reaprovizionarea lui cu oxigenul necesar metabolismului, reprezintă hematoza, care este o funcție a plămânilor diferită de ventilația pulmonară.

c) Efectele presiunii asupra aparatului respirator pulmonar şi a anexelor acestuia

Efectele presiunii asupra aparatului respirator pulmonar, se referă la modificările de volume pulmonare şi la modificările de lucru mecanic pentru respirație.

• Modificări de volume pulmonare

Aparatul pulmonar cuprinde o parte deformabilă (alveolele şi bronhiolele) şi o parte nedeformabilă (căile aeriene şi cavitățile anexe).

Atunci când un scufundător pătrunde în apă reținându-şi respirația (în apnee), pe măsura coborârii, creşterea presiunii ambiante conduce la o diminuare a volumului gazos conținut în aparatul pulmonar, prin deformarea toracelui şi a plămânilor. În cazul scafandrului autonom, acesta respiră, pe întreaga perioadă a scufundării, aer pe care aparatul de respirat sub apă îl livrează la o presiune egală cu presiunea corespunzătoare adâncimii de imersie. În acest caz, volumul pulmonar nu variază decât foarte puțin, dar masa de aer din interiorul plămânilor creşte fiind vorba de aer la presiune egală cu presiunea ambiantă.

Cercetările efectuate în barocamere au pus în evidență următoarele modificări de volume pulmonare sub acțiunea presiunii: creşterea volumului curent (VC), creşterea uşoară a volumului expirator de rezervă (VER), diminuarea volumului inspirator de rezervă (VIR) şi creşterea uşoară a capacității vitale (CV).

Modificarea volumelor respiratorii sunt datorate creşterii densității aerului respirat, odată cu creşterea presiunii (v. paragraful 3.1.5).

În cazul urcării de urgenţă a scafandrului către suprafaţa apei, dacă urcarea

este rapidă şi dacă apare tendinţa scafandrului de a rămâne cu respiraţia blocată, se va produce o creştere importantă a volumului de aer din plămâni datorită scăderii presiunii ambiante, conform legii Boyle-Mariotte. Această umflare a plămânilor, care poate avea consecinţe grave, poate fi evitată dacă scafandrul va avea grijă să expire permanent surplusul de aer ce apare în plămâni în timpul ridicării la suprafaţă.

• **Echilibrarea presiunii în sinusuri şi în urechi**

Aerul, pe care scafandrul, echipat cu aparat autonom de respirat sub apă, îl respiră la presiune egală cu presiunea corespunzătoare adâncimii de imersie, trebuie să pătrundă şi în cavităţile anexe (sinusuri şi ureche medie), astfel încât presiunea din interiorul acestor cavităţi să fie în echilibru cu presiunea ambiantă. Pentru sinusurile frontale şi maxilare, echilibrarea presiunii se face, de obicei, automat fără ca scafandrul să facă vreo manevră de echilibrare. Pentru urechea medie, situată între timpan şi trompa lui Eustache, trecerea aerului pentru compensarea presiunii se face prin trompa lui Eustache. Acest conduct este construit ca o supapă (Fig. 4.7) care, de obicei, permite trecerea aerului dinspre urechea medie către faringe fără ca scafandrul să facă vreo manevră, dar nu permite trecerea aerului dinspre faringe către urechea medie decât dacă scafandrul face o manevră de echilibrare a urechii. De aceea, în timpul coborârii, scafandrul trebuie să efectueze o manevră care să permită deschiderea trompei lui Eustache (Fig. 4.8) în vederea egalizării presiunii din urechea medie cu presiunea din faringe care, la rândul ei, este egală cu presiunea mediului ambiant datorită faptului că scafandrul respiră aer la presiune egală cu presiunea ambiantă.

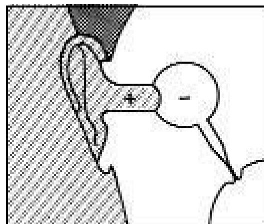


Fig.4.7.Înainte de efectuarea manevrei de echilibrare a urechii medii, trompa lui Eustache este închisă

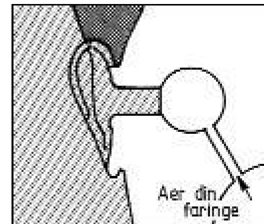


Fig. 4.8. În timpul efectuării manevrei de echilibrare a urechii medii, trompa lui Eustache se deschide

Cele mai cunoscute metode de echilibrare a urechilor sunt *metoda deglutiţiei* (înghiţire sau simulare de înghiţire) şi *metoda Valsalva* (Fig. 4.9) (se strânge nasul cu degetele şi se suflă suficient de puternic). Prin aceste metode se deschide trompa lui Eustache, iar aerul pătrunde în urechea medie realizându-se echilibrarea presiunii din cavitatea urechii medii cu presiunea exterioară, timpanul rămânând astfel nedeformat. În afară de aceste două metode de echilibrare, mai există şi alte metode cum ar fi: *metoda Frenzel, deschiderea tubară voluntară* (DTV) şi *metoda Toynbee* (v. tabelul 6.1 şi paragraful 6.1.2).

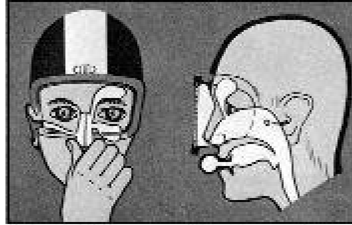


Fig. 4.9. Manevra Valsalva pentru echilibrarea presiunii din urechea medie şi din sinusuri

• Modificări ale lucrului mecanic respirator

Curentul de aer care apare la inspiraţie şi la expiraţie este supus unei frânări pe întregul traseu al căilor respiratorii (nas, faringe, laringe, trahee, bronhii, bronhiole). Această frânare se datoreşte disipării energiei curentului de aer în lungul reţelei bronhopulmonare care se constituie într-o rezistenţă aeraulică. Energia disipată este compensată prin lucrul mecanic respirator. La scafandrii autonomi, detentorul aparatului de respirat sub apă adaugă o rezistenţă aeraulică suplimentară celei datorate căilor respiratorii ale aparatului respirator pulmonar.

Frânarea curentului de aer în timpul respiraţiei creşte considerabil cu creşterea presiunii (adâncimii de scufundare) deoarece, prin creşterea presiunii aerului respirat din aparat, creşte şi densitatea acestuia (v. paragraful 3.1.5). Aceasta conduce la creşterea lucrului mecanic al muşchilor respiratori, necesar învingerii rezistenţelor aeraulice şi deci acoperirii energiei disipate (pierderii de sarcină).

Organismul scafandrului antrenat se adaptează la o respiraţie cu economie de efort, caracterizată printr-o creştere a amplitudinii respiratorii şi implicit a volumului curent şi printr-o scădere a frecvenţei respiratorii.

4.1.1.2. Acțiunea presiunii asupra volumelor gazoase abdominale

În timpul coborârii scafandrului în apă, datorită creşterii corespunzătoare a presiunii, volumele de gaze conținute în intestine şi stomac scad.

În timpul urcării scafandrului către suprafață, presiunea scăzând, volumele gazoase abdominale cresc din nou, revenind la volumele de dinaintea scufundării.

4.1.2. Efectele biofizice ale presiunii

Efectele biofizice ale presiunii se referă la fenomenele de dizolvare şi degajare a gazelor în şi respectiv din țesuturile corpului omenesc, în timpul coborârii scafandrului în apă şi respectiv în timpul urcării către suprafață.

4.1.2.1. Efectele biofizice ale presiunii în timpul coborârii sub apă (compresiei)

Înainte de a intra sub apă, scafandrul respiră aer la o presiune egală cu presiunea atmosferică, 1 bar (sc. abs.). La această presiune a aerului respirat, presiunile parțiale ale oxigenului şi azotului sunt: p_{O_2} = 0,21 bar (sc. abs.), p_{N_2} = 0,79 bar (sc. abs.). Țesuturile scafandrului pot fi considerate ca nişte lichide saturate cu azotul dizolvat în ele. În ceea ce priveşte oxigenul, acesta se dizolvă într-o cantitate foarte mică în țesuturi, reacțiile sale din organism fiind de altă

natură.

În continuare, se consideră că scafandrul coboară la o anumită adâncime. Presiunea totală a aerului alveolar creşte şi deci cresc şi presiunile parțiale ale componentelor gazoase ale aerului (oxigenul şi azotul).

Deoarece oxigenul se consumă în cadrul proceselor metabolice, din punct de vedere al fenomenelor de dizolvare şi degajare a gazelor în țesuturi, interesează numai dizolvarea şi degajarea gazului inert aflat în aerul respirat, adică a azotului.

Inițial, tensiunea gazului inert (azotul) dizolvat rămâne la valoarea pe care o avea la presiunea atmosferică.

În fiecare moment, inima trimite către alveolele pulmonare o anumită cantitate de sânge care intră în contact cu aerul alveolar. Aici are loc o dizolvare a azotului din aerul alveolar în sânge până când tensiunea azotului dizolvat atinge valoarea presiunii parțiale a azotului din aerul alveolar. În circa trei minute, întregul sânge din corp este *satura*t cu azotul dizolvat corespunzător presiunii ambiante.

În continuare, acest sânge, saturat cu azotul dizolvat în el, va iriga diferitele țesuturi ale organismului. În acest mod, țesuturile organismului uman încep să se încarce cu azot, după o lege exponențială, până la saturație. Unele țesuturi se saturează mai repede cu azotul dizolvat în ele (câteva minute), iar altele se saturează într-un timp mai îndelungat (câteva ore).

Indiferent de valoarea presiunii ce corespunde adâncimii de scufundare, după circa 12 ore se poate considera că toate țesuturile organismului, chiar şi cele mai lente, sunt saturate cu azot, ceea ce înseamnă că tensiunea azotului dizolvat este aproximativ egală cu presiunea parțială a azotului din aerul aflat în alveolele pulmonare.

Dacă scufundarea la o anumită adâncime, corespunzătoare unei anumite presiuni, durează mai puțin de 12 ore, numai țesuturile care permit o dizolvare mai rapidă a azotului vor fi complet saturate. Celelalte țesuturi, mai lente, vor avea azot dizolvat în ele la tensiuni mai mici decât tensiunea corespunzătoare saturației, deci mai mici decât presiunea parțială a azotului alveolar.

Pentru o mai bună înțelegere a fenomenului de dizolvare a azotului în țesuturi şi de saturare a acestora cu azot, în continuare, se prezintă un exemplu având la bază o reprezentare sugestivă a lui H. R. Schreiner. Astfel, se consideră un scafandru care a pătruns în apă la o adâncime de 30 m. La această adâncime presiunea este de 4 bar (sc. abs.). Schreiner a reprezentat schematic fenomenul de dizolvare a azotului într-un țesut al organismului scafandrului (Fig. 4.10). În această schemă, în compartimentul din stânga se află aerul alveolar ce conține azot, iar în compartimentul din dreapta se află țesutul considerat. Între ele, reprezentată cu linie punctată, se află, în mod simplificat, membrana alveolară la nivelul căreia se face schimbul de gaze.

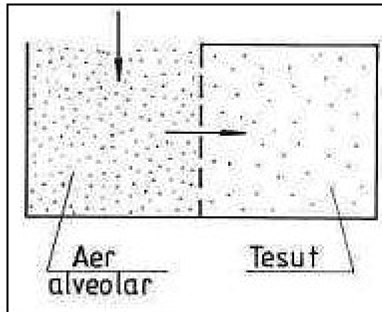


Fig. 4.10. Schma Schreiner privind dizolvarea azotului în țesuturi

Aflat la adâncimea de 30 m, scafandrul va respira aer la o presiune egală cu presiunea corespunzătoare adâncimii de imersie, adică va respira aer la 4 bar (sc. abs.). Prin urmare, deoarece aerul are circa 80% azot (r_{N_2} = 0,8), presiunea parțială a azotului din aerul alveolar va fi P_{N_2} = 0,8 · 4 = 3,2 bar (sc. abs.). Inițial, în țesutul considerat, se află azotul dizolvat în mod obişnuit la presiunea atmosferică. Tensiunea inițială a azotului dizolvat este p_{N_2} = 0,8 · 1 = 0,8 bar (sc. abs.).

Prin mecanismul prezentat mai sus, începe dizolvarea, prin intermediul sângelui, a azotului în țesuturi datorită diferenței dintre presiunea parțială a azotului din aerul alveolar, P_{N_2} şi tensiunea azotului dizolvat în respectivul țesut, pN_2 ($\Delta p = P_{N_2} - p_{N_2}$) (Fig. 4.11). Fenomenul de dizolvare a azotului în țesut are loc după o lege exponențială şi continuă până când tensiunea azotului dizolvat în țesutul respectiv, p_{N_2}, devine aproximativ egală cu presiunea parțială a azotului alveolar, P_{N_2}. În exemplul considerat, se poate aprecia că țesutul se saturează cu azot după circa 4 ore.

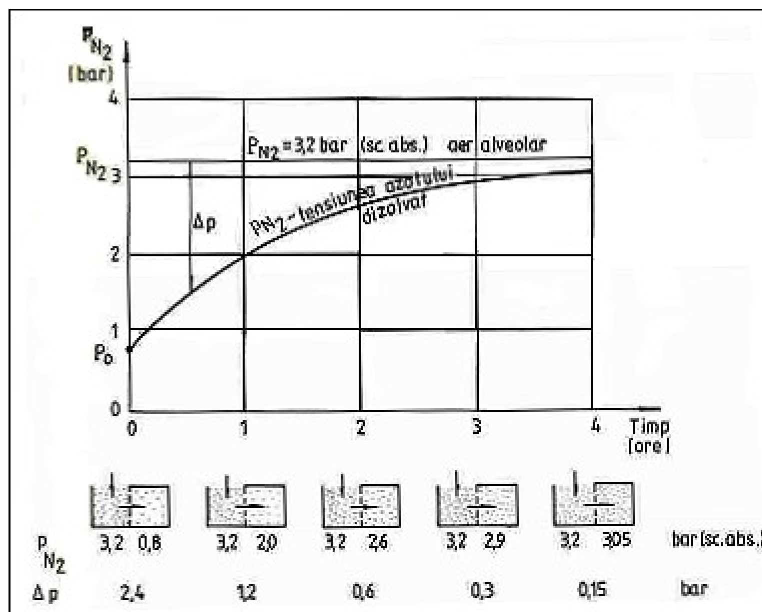


Fig. 4.11. Dizolvarea azotului într-un țesut al unui scafandru care respiră aer la adâncimea de 30 m

4.1.2.2. Efectele biofizice ale presiunii în timpul urcării către suprafață (decompresiei)

La urcarea către suprafața apei presiunea ambiantă scade, scăzând în acelaşi timp şi presiunea aerului alveolar. Prin urmare, va scădea şi presiunea parțială a azotului din aerul alveolar, P_{N_2}. În acelaşi timp, tensiunea gazului dizolvat, p_{N_2} nu scade imediat, apărând astfel o diferență de presiune, $\Delta p = P_{N_2} - p_{N_2}$, negativă care exprimă starea de *suprasaturație*. Sângele este primul care se *desaturează,* iar în continuare şi celelalte țesuturi ale organismului se desaturează cu o viteză mai mare sau mai mică.

Fenomenul de eliminare a azotului din țesuturi (de desaturare a țesuturilor) se petrece după o curbă exponențială simetrică cu cea de dizolvare a azotului în țesuturi în faza de compresie (Fig. 4.12).

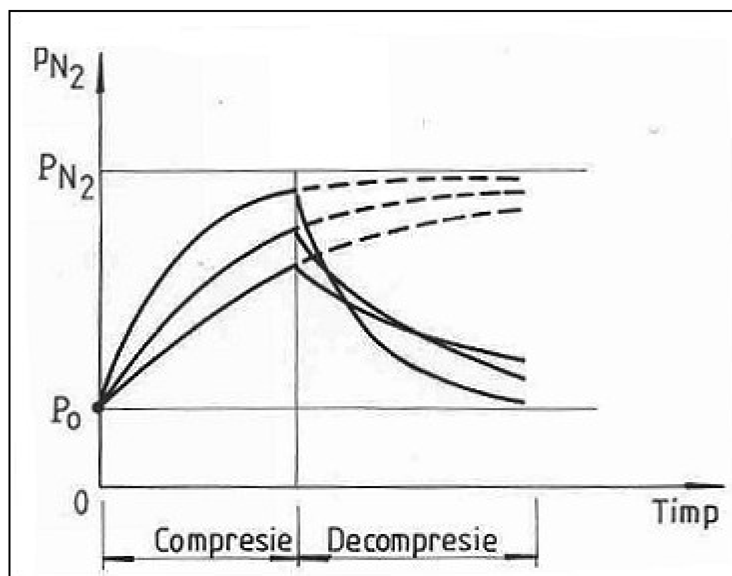


Fig. 4.12. Dizolvarea şi eliminarea azotului în timpul compresiei şi respectiv decompresiei, pentru țesuturi diferite

În programul de decompresie pe care scafandrul trebuie să-l urmărească cu strictețe în timpul urcării către suprafață, important este ca *raportul de suprasaturație*, p_{N_2}/P_{N_2}, să nu depăşească o valoare critică de ordinul de mărime 2. Dacă acest raport critic este depăşit, degajarea azotului din sânge şi țesuturi se produce cu apariția de bule de azot care pot duce la instalarea unui accident grav de decompresie. În acest caz, în corpul omenesc se produce un fenomen de degajare a azotului sub formă de bule, asemănător cu fenomenul care apare la deschiderea unei sticle de şampanie (deschiderea dopului sticlei de şampanie făcându-se într-un timp extrem de scurt, apare un fenomen puternic de degajare, cu apariție de bule, a gazului dizolvat în lichidul aflat în sticlă).

Tabelele de decompresie, elaborate tocmai având la bază fenomenele biofizice prezentate mai sus, reprezintă programe de decompresie, calculate astfel încât, în nici un moment şi în nici un țesut, să nu fie depăşit raportul critic de suprasaturație.

4.1.3. Efectele biochimice ale presiunii

Variațiile de presiune ce apar în timpul scufundării conduc la modificări ale presiunii totale a aerului alveolar şi deci la modificări ale presiunilor parțiale ale gazelor componente din aerul aflat în alveolele plămânilor. Din acest motiv, după un anumit interval de timp vor apărea şi variații similare ale tensiunilor aceloraşi gaze dizolvate în organism.

Fiecare gaz component al amestecului respirator are un anumit efect asupra organismului, acesta reacționând la variațiile presiunilor parțiale ale gazelor componente după cum urmează:

• Hemoglobina se încarcă cu oxigen funcție de presiunea parțială a oxigenului din aerul respirat. Astfel, dacă se respiră un amestec respirator la o presiune la care presiunea parțială a oxigenului din amestec este mai mică de 0,17 bar (sc. abs.), hemoglobina se încarcă insuficient cu oxigen conducând la apariția fenomenului de *hipoxie*. Din contră, hemoglobina este practic saturată dacă presiunea parțială a oxigenului este de 0,21 bar (sc. abs.), aşa cum se întâmplă la respirarea de aer la presiunea atmosferică. La un scafandru care respiră aer la adâncimea de 40 m, presiunea parțială a oxigenului este de $0,21 \cdot 5 = 1,05$ bar (sc. abs.), deci mai mare decât valoarea normooxică de 0,21 bar (sc. abs.). În acest caz, avem de-a face cu un fenomen de *hiperoxie.* Hiperoxia, ce corespunde unei presiuni parțiale a oxigenului mai mari decât valoarea critică de 1,7 bar (sc. abs.) poate conduce la apariția aşa numitei *crize hiperoxice.*

• Centrii respiratori reglează respirația pe baza informațiilor care-i sosesc de la organism. Informația principală este tensiunea bioxidului de carbon şi a oxigenului dizolvate în sânge.

În capitolul aferent accidentelor de scufundare (v. capitolul 6), se poate vedea importanța valorilor presiunilor parțiale ale gazelor ce compun amestecul gazos respirat de către scafandru în funcționarea între limite normale a organismului uman aflat în condiții de hiperbarism.

4.2. Vederea sub apă

Un scufundător fără vizor (la care apa aderă direct la ochi) care deschide ochii sub apă, va avea o imagine neclară a obiectelor aflate sub apă, chiar dacă apa este limpede. Această imagine foarte estompată este datorată indicelui de refracție al apei care este 1,34 (4/3) şi care este foarte apropiat de indicii de refracție ai mediilor transparente din ochiul uman (corneea şi umoarea vitroasă ... 1,34, cristalinul ... 1,45, umoarea apoasă ... 1,34).

De aceea, sub apă razele de lumină provenind de la obiectele observate, se adună în focar mult în spatele retinei (Fig. 4.13). Prin urmare, pe retină imaginea va fi neclară. Numai oamenii foarte miopi au o vedere sub apă (cu ochii aflați în contact direct cu apa) ceva mai bună.

La scafandri care sunt echipați cu vizor, vederea sub apă este mult mai bună, deoarece ochii sunt menținuți în perna de aer cuprinsă între vizor şi fața scafandrului, fiind separați de apă printr-o suprafață plană şi transparentă reprezentată prin geamul vizorului. Astfel, scafandrul este într-o situație similară unui observator aflat în fața unui acvariu. În acest caz, razele de lumină provenind de la obiectele observate şi care se îndreaptă către ochi, nimeresc

întâi în aer (cu indice de refracție 1) şi numai după aceea pătrund în ochi (Fig. 4.14). Venind din apă şi căzând pe sticla planparalelă a vizorului, conform legilor opticii, razele ies din sticlă suferind o uşoară refracție. Mai departe însă, trecând din aer în ochi, razele se refractă şi, în aceste condiții, ochiul lucrează în acelaşi fel ca şi pe uscat.

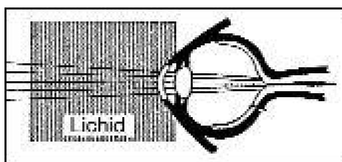


Fig. 4.13. Vederea sub apă la un scafandru fără vizor

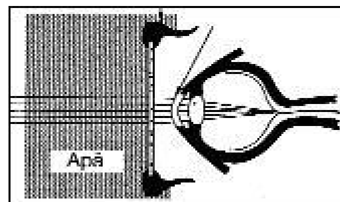


Fig. 4.14. Vederea sub apă la un scafandru cu vizor

Ca urmare a acestui fenomen de refracție rezultă următoarele efecte specifice vederii sub apă printr-un vizor:

• dimensiunea aparentă a obiectelor observate este mai mare cu 1/3 față de dimensiunea reală (raportul este 4/3);

• distanța aparentă față de obiectul observat este redusă cu 1/4 față de distanța reală (raportul este 3/4);

• unghiul câmpului vizual este diminuat;

• dacă vederea este prea oblică în raport cu sticla vizorului, deformațiile optice devin considerabile.

După cum s-a arătat în paragraful 3.5, apa absoarbe radiațiile luminoase mai ales în gama lungimilor mari de undă. Astfel, roşul este cel mai absorbit, apoi galbenul şi în sfârşit albastrul. De aceea, încă de la o adâncime nu prea mare, obiectele albastre devin mai mult sau mai puțin întunecate. La adâncimi de scufundare relativ mari, obiectele sunt mai mult sau mai puțin clare, fără a da o senzație de culoare observatorului. Aceasta deoarece elementele retiniene sensibile la lumină de slabă intensitate nu sunt sensibile la culori, ci numai la variații de luminozitate. De asemenea, deoarece aceste elemente retiniene sunt situate mai ales la periferia retinei şi nu în zona unde se formează imaginea obiectului observat, ele nu permit o vedere clară.

4.3. Expunerea la frig a scafandrului

Este cunoscut faptul că apa rece produce o senzație neplăcută la contactul cu ea. Un om aflat în apă foarte rece, nu numai că va avea o senzație extrem de neplăcută, dar se va afla în pericol deoarece pierderile de căldură puternice îi vor putea provoca pierderea cunoştiinței şi chiar decesul (v. paragraful 6.4.1).

Pe uscat, corpul omenesc, prin sistemele de reglaj de care dispune, îşi poate păstra destul de bine temperatura superficială, de aproximativ 36,9°C. Această temperatură nu poate varia cu mai mult de câteva grade fără să existe probleme serioase de sănătate. Corpul omenesc are pierderi de căldură către exterior, transferul realizându-se în cea mai mare parte prin piele (prin conducție, convecție şi evaporare) şi într-o măsură mai mică prin plămâni. Organismul răspunde acestui transfer de căldură diminuând pierderile de căldură printr-o

vasoconstricție a vaselor cutanate şi printr-o mărire a producției de căldură din corp, prin creşterea combustiilor sale interne şi prin reacțiile reflexe de tipul frisoanelor. Prin urmare, corpul omenesc funcționează ca o adevărată maşină de produs căldură: îşi generează în mod constant căldura necesară acoperirii pierderilor de căldură către aerul exterior, reglându-şi astfel temperatura proprie.

În apă, deşi procesele fundamentale sunt aceleaşi, datorită faptului că pierderile de căldură dinspre corp către mediul acvatic exterior sunt mult mai mari decât în aer, organismul trebuie să cheltuiască o energie foarte mare pentru a compensa pierderile calorice. Creşterea puternică a pierderilor de căldură de la corpul uman către apă, față de cele către aer, se datoresc faptului că valoarea căldurii specifice a apei este de 1000 de ori mai mare decât cea a aerului, iar valoarea conductibilității termice a apei este de 25 de ori mai mare decât cea a aerului.

Capacitatea organismului uman de a furniza căldura necesară acoperirii pierderilor de căldură către mediul acvatic exterior este limitată, astfel încât, funcție de temperatura apei şi de activitatea depusă de scafandru, se poate ajunge la un dezechilibru termic într-un timp mai lung sau mai scurt. Singura soluție pentru împiedicarea apariției acestui dezechilibru termic pe o perioadă cât mai îndelungată este aceea de a reduce pierderile de căldură de la corp către apa care-l înconjoară. În acest scop, au fost concepute şi realizate costume cu funcție de izolator termic cum ar fi costumele umede din neopren şi costumele uscate cu volum variabil şi cu volum constant (v. paragraful 1.4). De asemenea, pentru a ajuta organismul în producerea căldurii care să compenseze pierderile de căldură, au fost realizate şi costume încălzite electric sau cu apă caldă, care furnizează corpului scafandrului exact cantitatea de căldură care-i lipseşte pentru a-şi menține echilibrul termic.

5. TABELE DE DECOMPRESIE

După cum s–a arătat în capitolul 4, atunci când se respiră aer la o presiune mai mare decât presiunea atmosferică, azotul se dizolvă în țesuturile organismului. Cantitatea de azot dizolvată în țesuturi creşte proporțional cu presiunea parțială a azotului din aerul respirat şi cu durata expunerii la presiune. Prin urmare, *cantitatea de azot dizolvată în țesuturile organismului scafandrului va fi cu atât mai mare cu cât adâncimea de scufundare va fi mai mare şi cu cât durata scufundării va fi mai mare.*

La urcarea scafandrului de la adâncimea de lucru către suprafața apei, datorită scăderii presiunii, are loc procesul invers, de eliminare a azotului dizolvat în țesuturi. Datorită scăderii presiunii exterioare şi deci a scăderii presiunii aerului respirat, va apărea o stare de suprasaturare a țesuturilor cu azot caracterizată printr-un gradient de presiune negativ între presiunea parțială a azotului din aerul aflat în plămâni P_{N_2} şi tensiunea azotului dizolvat în țesuturi, p_{N_2} ($\Delta p = P_{N_2} - p_{N_2}$). De asemenea, starea de suprasaturație mai poate fi caracterizată şi de raportul de suprasaturație, p_{N_2}/P_{N_2}. Gradientul de presiune şi raportul de suprasaturație trebuie bine controlate pentru a preveni o degajare prea rapidă a azotului din țesuturi. Astfel, în ceea ce priveşte raportul de suprasaturație, există o valoare critică a acestui raport care este de aproximativ 2 şi care nu trebuie depăşită în timpul urcării scafandrului la suprafață. Atunci când, în timpul urcării către suprafață, gradientul de presiune la su-prasaturație şi raportul de suprasaturație nu sunt controlate corespunzător, depăşindu-se valorile lor critice, există posibilitatea apariției unui fenomen de degajare a azotului din țesuturi cu apariția de bule de azot generatoare de accidente de decompresie.

În vederea prevenirii apariției unor astfel de accidente de decompresie, au fost concepute, experimentate şi verificate programe de decompresie privind ritmul de urcare al scafandrului către suprafața apei, numite *tabele de decompresie.* Aceste tabele de decompresie reprezintă nişte programe de decompresie astfel calculate încât, în timpul urcării către suprafață să nu existe posibilitatea, în nici un moment şi pentru nici un țesut, să se depăşească valoarea raportului critic de suprasaturație. Tabelele de decompresie iau în considerare azotul absorbit de țesuturile cele mai dezavantajoase (țesuturile cu absorbția cea mai rapidă pentru stabilirea adâncimilor palierelor şi țesuturile cu absorbție lentă pentru

determinarea timpilor la paliere), la diferite adâncimi de scufundare şi la diferiți timpi de expunere. Astfel, tabelele de decompresie constituie nişte programe de decompresie acoperitoare pentru toate tipurile de țesuturi ale organismului uman.

Trebuie menționat faptul că există scufundări caracterizate prin adâncimi şi durate care nu necesită o decompresie controlată prin palierele impuse de un tabel de decompresie. Astfel, cercetările în acest domeniu au stabilit perechi de valori adâncime-timp limită, ce determină în acest plan o curbă limită numită *curbă de securitate.* Scufundările executate sub această curbă de securitate sunt scufundări care nu necesită o revenire la suprafață cu paliere de decompresie, neexistând pericolul apariției unui accident de decompresie.

Experiențele efectuate în laboratoarele hiperbare din România şi din străinătate au pus în evidență faptul că, în timpul celor mai corecte decompresii, apar totuşi bule de azot circulante în sânge. Aceste bule, însă, au dimensiuni foarte mici şi au tendința să dispară la scurt timp după apariția lor. Datorită dimensiunilor lor foarte mici, aceste bule de azot nu vor conduce niciodată la accidente de decompresie.

5.1. Definiții utile

Pentru interpretarea corectă a datelor conținute într-un tabel de decompresie, este necesar ca parametrii care îl definesc să nu permită ambiguități în ceea ce priveşte înțelegerea corespunzătoare a acestora. În acest sens, se definesc următorii parametri care stau la baza alegerii şi urmăririi corecte a unui tabel de decompresie:

• *ora scufundării* - este momentul în care scafandrul părăseşte suprafața liberă a apei şi începe, practic, scufundarea;

• *durata scufundării* - reprezintă intervalul de timp cuprins între momentul începerii scufundării (ora scufundării) şi momentul începerii urcării către suprafața apei sau către primul palier de decompresie. Timpul de coborâre către adâncimea de lucru face parte integrantă din durata scufundării;

• *adâncimea scufundării* - este adâncimea maximă atinsă în timpul scufundării, rotunjită la un multiplu de trei metri imediat superior;

• *palierul* - este treapta de staționare la un anumit nivel (la o anumită adâncime) în faza de urcare a scafandrului către suprafață, strict definită de tabel funcție de tipul scufundării şi durata acesteia;

• *coeficientul* „C“ - este raportul dintre tensiunea azotului dizolvat în țesutul cu perioada de saturație de 120 minute, la presiunea corespunzătoare scufundării considerate şi tensiunea azotului dizolvat în acelaşi țesut, la presiunea atmosferică;

• *intervalul de la suprafață* - reprezintă intervalul de timp cuprins între momentul în care scafandrul iese la suprafață după o scufundare (ora de ieşire dintr-o scufundare) şi momentul începerii unei noi scufundări (ora de lansare în scufundarea următoare);

• *scufundarea succesivă* - este scufundarea executată, de către acelaşi scafandru, la un interval de suprafață mai mic de 8 ore față de scufundarea precedentă;

• *majorarea (timpul de majorare)* - se defineşte pentru o scufundare succesivă

şi traduce într-o durată de scufundare raportul exprimat de coeficientul „C“ de la sfârşitul intervalului de suprafață. Astfel, majorarea reprezintă durata unei scufundări fictive, la adâncimea scufundării succesive, care ar conduce la atingerea, în țesutul cu perioada de saturație de 120 min., a unei tensiuni a azotului dizolvat egală cu cea de la sfârşitul intervalului de la suprafață, deci atingerea unui coeficient „C“ egal cu coeficientul „C“ atins la sfârşitul intervalului de suprafață (în momentul începerii noii scufundări);

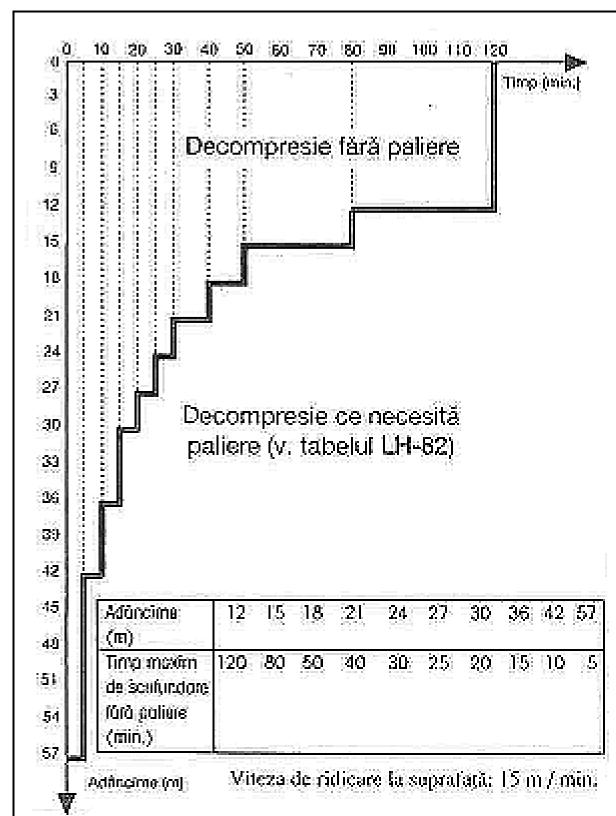
• *durata fictivă* - este suma timpului de majorare cu durata reală a scufundării succesive.

5.2. Scufundări sub curba de securitate

Scufundarea a cărei durată este suficient de scurtă încât revenirea de la adâncimea de lucru la suprafața apei (la presiunea atmosferică) nu necesită executarea de paliere de decompresie, reprezintă o *scufundare sub curba de securitate*. Scufundările sub curba de securitate sunt recomandate scafandrilor începători, pentru că acestea micşorează la minimum riscul apariției unor accidente de decompresie. Scufundările sub curba de securitate sunt recomandate şi în cazul scufundărilor autonome cu aer comprimat în care scafandrul este tractat în imersiune de către un scuter subacvatic.

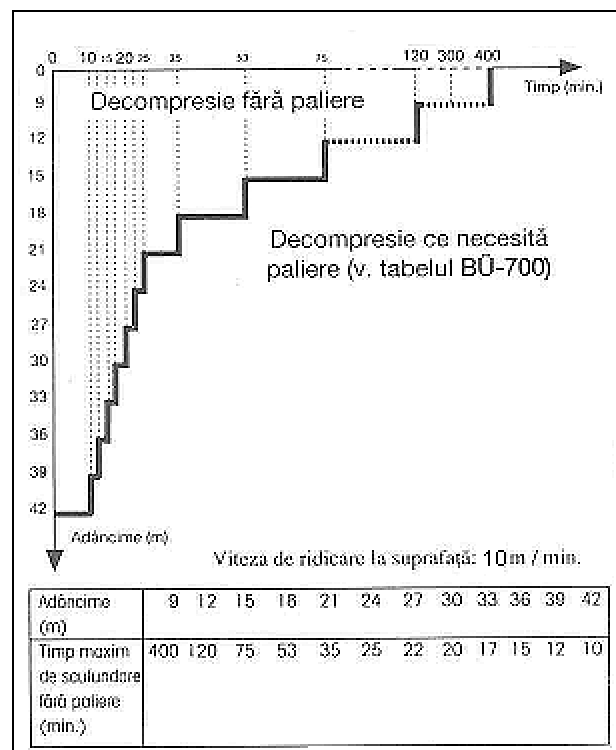
Experimentările efectuate în Laboratorul Hiperbar de pe lângă Centrul de Scafandri Constanța, au condus la determinarea, pentru diferite adâncimi de scufundare cu aer comprimat, a duratelor maxime de scufundare sub care scafandrii pot urca la suprafață fără efectuarea de paliere de decompresie. Deci, în cazul scufundărilor sub curba de securitate, scafandrul nu trebuie să urmărească nici un tabel de decompresie. Tabelele de decompresie sunt utilizate pentru scufundările din exteriorul curbei de securitate (din zona de decompresie ce necesită paliere).

În figura 5.1 se prezintă curba de securitate corespunzătoare tabelului de decompresie LH-82 (Tabelul de decompresie LH-82 a fost elaborat în cadrul Laboratorului Hiperbar de pe lângă Centrul de Scafandri Constanța în anul 1982). De asemenea, mai sunt prezentate: curba de securitate aferentă tabelului de decompresie BÜ-700 (Fig. 5.2) pentru scufundări în lacuri situate la altitudini de până la 700 m şi curba de securitate aferentă tabelului de decompresie BÜ-1 500 (Fig. 5.3) pentru scufundări în lacuri situate la altitudini cuprinse între 701 m şi 1 500 m. Curba de securitate pentru tabelul BÜ-1 500 este valabilă şi pentru altitudini de până la 2 500 m.



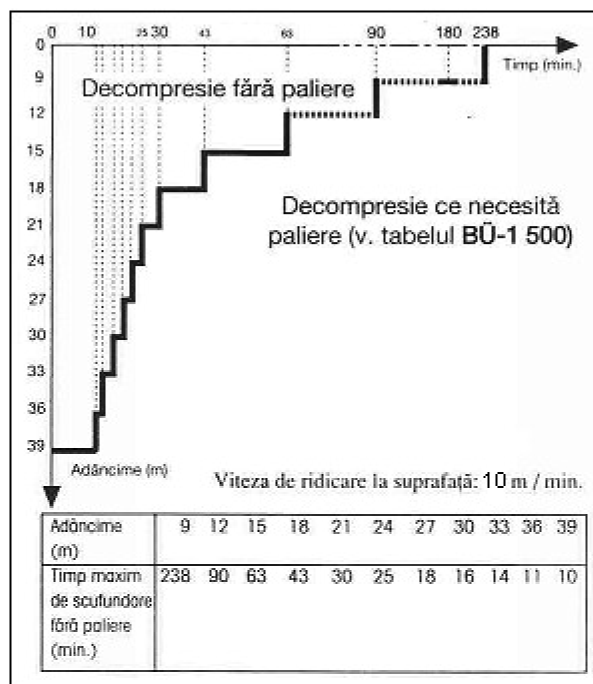
Adâncime (m)	12	15	18	21	24	27	30	36	42	57
Timp maxim de scufundare fără paliere (min.)	120	80	50	40	30	25	20	15	10	5

Fig. 5.1. Curba de securitate aferentă tabelului LH-82



Adâncime (m)	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42
Timp maxim de scufundare fără paliere (min.)	400	120	75	53	35	25	22	20	17	15	12	10

Fig. 5.2. Curba de securitate aferentă tabelului BŰ-700



Adâncime (m)	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39
Timp maxim de scufundare fără paliere (min.)	238	90	63	43	30	25	18	16	14	11	10

Fig. 5.3. Curba de securitate aferentă tabelului BŰ-1 500 (valabilă până la altitudinea de 2 500 m)

5.3. Scufundări succesive

Scufundarea succesivă este scufundarea executată la un interval mai mic de 8 ore faţă de scufundarea precedentă. Atunci când se execută o scufundare succesivă, timpul de decompresie pentru o astfel de scufundare creşte faţă de timpul de decompresie al unei scufundări cu aceleaşi caracteristici (durata scufundării şi adâncimea scufundării) executată la un interval mai mare de 8 ore faţă de ultima scufundare. Aceasta deoarece, după un interval mai mic de 8 ore de la scufundarea precedentă, ţesuturile organismului continuă să conţină azot dizolvat, neeliminat încă din ţesuturi (azot rezidual). De aceea, în cazul scufundărilor succesive, programul de decompresie va trebui modificat în mod corespunzător, prin calculul unor timpi de majorare a duratei scufundării.

Azotul rezidual se elimină treptat din ţesuturi în intervalul de aproximativ 8 ore după terminarea ultimei scufundări. La sfârşitul acestui interval se poate repeta o scufundare urmărind programul obişnuit de decompresie, fără nici o majorare a duratei scufundării.

5.4. Tabele de decompresie cu aer

Tabelele de decompresie cu aer se referă la programele de decompresie specifice scafandrilor care respiră aer atât în timpul scufundării propriu-zise cât şi în timpul palierelor de decompresie. Deci, aceste tabele pot fi utilizate de către scafandri autonomi echipaţi cu aparate de respirat sub apă cu aer comprimat şi care efectuează întreaga decompresie sub apă, prin ridicarea controlată spre suprafaţă.

În prezentul manual sunt cuprinse următoarele tabele de decompresie cu aer:

- *tabel de decompresie cu aer LH - 82, pentru scufundări cu aer până la adâncimea de 60 m* (tabel LH-82, anexa 1);

- *tabel de decompresie cu aer Bühlmann, pentru scufundări la altitudine de 0 ... 700 m* (tabel BÜ-700, anexa 4);
- *tabel de decompresie cu aer Bühlmann, pentru scufundări la altitudine de 701 ... 1 500 m* (tabel BÜ-1 500, anexa 5).

Aceste tabele de decompresie trebuie respectate cu maximă rigurozitate pe timpul urcării scafandrului către suprafața apei (pe timpul revenirii la presiunea atmosferică), după efectuarea unei scufundări cu aer comprimat. Coeficientul „C" din tabelul LH-82 şi grupa succesivă din tabelul Bühlmann, permit scafandrului de a aprecia posibilitatea executării unei scufundări succesive şi de a calcula programul de decompresie al unei astfel de scufundări. În tabelul 5.1 sunt prezentate criteriile de alegere a tabelelor de decompresie pentru scufundări cu aer.

Tabelul 5.1

Criterii de alegere a tabelelor de decompresie pentru scufundări cu aer

Tabel de decompresie	**Aplicaţii**
Tabel de decompresie cu aer LH-82, pentru scufundări cu aer până la adâncimea de 60	• în condiţii de expunere normală, când se permite executarea decompresiei sub apă; • când este necesară executarea unor scufundări succesive.
Tabel de decompresie cu aer Bühlmann, pentru scufundări la altitudine de 0...700 m	• în condiţii de expunere normală, la scufundări în lacuri de munte situate la altitudini cuprinse între 0 şi 700 m.
Tabel de decompresie cu aer Bühlmann,pentru scufundări la altitudine de 701...1 500 m	• în condiţii de expunere normală, la scufundări în lacuri de munte situate la altitudini cuprinse între 701 şi 1 500 m.

Cele trei tabele de decompresie cuprinse în anexele prezentului manual permit executarea decompresiei atât sub apă, în cazul scufundărilor reale, cât şi în barocamere de decompresie specializate, în cazul scufundărilor simulate.

Tabelul de decompresie LH-82 mai conţine un tabel anexă pentru determinarea coeficientului „C" necesar calculului timpului de majorare a duratei scufundării succesive pentru cazul în care, în intervalul de suprafaţă, scafandrul respiră oxigen pur. Acest tabel anexă nu este prezentat în acest manual deoarece tehnicile de respiraţie cu oxigen la suprafaţă între două scufundări aparţin domeniului scufundării profesionale.

Trebuie menţionat faptul că mai există tabele de scufundare cu decompresia la suprafaţă, la care o parte din programul de decompresie este realizat într-o

barocameră (tabelele LH-89). La rândul lor, aceste tabele de decompresie pot fi pentru respirare de aer la palierele din barocameră, sau pentru respirare de oxigen la palierele din barocameră. Şi aceste tabele de decompresie depăşesc cadrul acestui manual, ele fiind specifice scufundărilor profesionale care urmăresc un randament al scufundării ridicat, utilizând în acest scop instalaţii de hiperbar pretenţioase şi personal de exploatare specializat.

Tabelele de decompresie specifice scufundărilor cu aer profesionale pot fi consultate în „Ghidul scafandrului autonom“, autori A. Petru, M. Degeratu, S. Ioniţă, apărut în anul 1992 la Editura Olimp-Press.

5.4.1. Tabele de decompresie cu aer LH-82, pentru scufundări cu aer până la adâncimea de 60 m

Tabelele de decompresie cu aer LH-82, calculate şi testate în cadrul Laboratorului Hiperbar de pe lângă Centrul de Scafandri Constanța în anul 1982 (tabel LH-82, anexa1; tabel A-LH, anexa 2; tabel B-LH, anexa 3), pot fi utilizate pentru determinarea profilului decompresiei după executarea unei scufundări normale (în condiții de expunere normală) cu aer comprimat, urmând un calcul adecvat.

Tabelele permit executarea de *scufundări normale izolate* (la un interval de cel puțin 8 ore de la scufundarea precedentă), precum şi de *scufundări normale succesive* (la un interval mai mic de 8 ore față de scufundarea precedentă) cu condiția ca timpul total petrecut sub apă să nu depăşească 3 ore. *După o scufundare succesivă se impune ca obligatorie o staționare la suprafață de 8 ore.*

Decompresia se execută prin paliere din 3 în 3 metri direct în apă (Fig. 5.4) sau în barocamere de decompresie (Fig. 5.5), cu respirare de aer la paliere.



Fig. 5.4. Scafandrii efectuând un palier de decompresie în apă (scufundare reală)

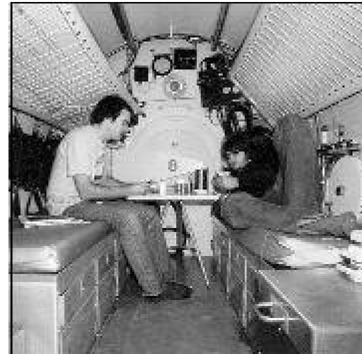


Fig. 5.5. Scafandri aflați în timpul unei decompresii în barocameră (scufundare simulată)

Viteza de ridicare de la adâncimea de lucru la primul palier este de 15 m/min. Ultimul minut al fiecărui palier va fi utilizat pentru ridicarea la palierul următor.

Prima coloană din tabelul LH-82 (anexa1), indică adâncimea de scufundare, a doua coloană din tabel indică durata scufundării, iar a treia coloană indică timpul de ridicare de la adâncimea maximă la primul palier.

Următorul grup de coloane din tabel indică durata diferitelor paliere ce trebuie

respectate. Penultima coloană din tabel indică durata totală a ridicării, iar ultima coloană a aceluiaşi tabel indică valoarea coeficientului „C".

În continuare, se prezintă un exemplu de utilizare a tabelului LH-82 pentru *determinarea profilului decompresiei la o scufundare normală, izolată.*

Exemplul nr. 1

Să se determine caracteristicile decompresiei pentru o scufundare cu aer efectuată în mare, la o adâncime de 35 m şi având o durată de 25 minute.

Cu valoarea adâncimii de scufundare rotunjită la valoarea adâncimii imediat superioară existentă în tabel (36 m) şi cu durata de scufundare rotunjită la durata imediat superioară existentă în tabel (30 minute), se intră în tabelul LH-82 şi se obține profilul decompresiei : 1 min. la 6 m şi 18 min. la 3 m. Ridicarea de la adâncimea maximă de calcul la primul palier (36 - 6 = 30 m), fiind executată cu o viteză de 15 m/min., se va realiza în timpul 30 **:**15 = 2 min.

Deci, durata totală a ridicării va fi 2 + 1 + 18 = 21 min.

Pentru determinarea profilului decompresiei *în cazul unei scufundări normale succesive*, se folosesc şi tabelele anexe tabelului LH-82 şi anume tabelele A-LH (anexa 2) şi B-LH (anexa 3). Tabelul A-LH permite determinarea coeficientului „C" modificat, funcție de timpul scurs în intervalul de staționare la presiunea atmosferică (intervalul de suprafață în care scafandrul respiră aer atmosferic) şi de coeficientul „C", caracteristic sfârşitului primei scufundări, rezultat din tabelul LH-82.

Tabelul B-LH permite determinarea timpului de majorare a duratei scufundării succesive funcție de adâncimea scufundării succesive şi de noua valoare a coeficientului „C" determinată cu ajutorul tabelului A-LH.

Astfel, pentru *determinarea profilului decompresiei la o scufundare normală succesivă* se procedează în felul următor:

- după prima scufundare, se citeşte din tabelul LH-82 valoarea coeficientului „C" la sfârşitul primei scufundări în dreptul adâncimii şi duratei acestei prime scufundări;
- cunoscând intervalul de suprafață cu respirare de aer după care va fi efectuată noua scufundare (scufundarea succesivă), se intră în tabelul A-LH cu valoarea coeficientului „C" de la sfârşitul primei scufundări şi cu intervalul de la suprafață, determinându-se noul coeficient „C" (coeficientul „C" modificat) corespunzător sfârşitului intervalului de suprafață;
- cunoscând adâncimea la care se va efectua noua scufundare (adâncimea scufundării succesive), se va trece la traducerea coeficientului „C" de la sfârşitul intervalului de la suprafață într-o durată a unei scufundări fictive la adâncimea scufundării succesive (timp de majorare), intrând în tabelul B-LH cu valoarea coeficientului „C" modificat rezultat din tabelul A-LH şi cu adâncimea scufundării succesive, determinând astfel timpul de majorare a duratei scufundării succesive;
- impunând durata scufundării succesive, se adună la aceasta timpul de majorare calculat, rezultând durata fictivă a scufundării succesive;
- cu valorile adâncimii şi duratei fictive ale scufundării succesive se intră în

tabelul LH-82 şi se determină profilul de decompresie al noii scufundări (palierele de decompresie ale scufundării succesive).

În continuare, se prezintă un exemplu de *determinare a profilului decompresiei pentru o scufundare normală, succesivă.*

Exemplul nr. 2

Să se determine caracteristicile decompresiei pentru o scufundare succesivă cu aer la o adâncime de 39 m, timp de 25 minute, la un interval de 1 oră şi 50 minute (110 minute), după o scufundare normală cu aer la o adâncime de 30 m, timp de 30 minute. În intervalul de la suprafață de 1 oră şi 50 minute (110 minute) se respiră aer.

Cu valoarea adâncimii (30 m) şi cu durata (30 minute) caracteristice primei scufundări, se intră în tabelul LH-82 de unde rezultă valoarea coeficientului „C" după prima scufundare (C = 1,5).

Cu valoarea coeficientului „C" la sfârşitul primei scufundări (C = 1,5) şi cu valoarea intervalului de la suprafață de 1 oră şi 40 min. = 100 min. (în cazul în care valoarea reală a intervalului de la suprafață nu coincide cu o valoare din tabel, se ia valoarea imediat inferioară), se intră în tabelul A-LH şi se obține valoarea modificată a coeficientului „C" (C = 1,3).

Cu valoarea nou calculată a coeficientului „C" (C = 1,3) şi cu adâncimea scufundării succesive (39 m) , se intră în tabelul B-LH şi se determină timpul de majorare a duratei scufundării succesive (14 minute).

Se adună timpul de majorare calculat (14 minute) la durata scufundării succesive (25 minute) şi se obține durata fictivă a scufundării succesive (14 + 25 = 39 minute).

Decompresia pentru scufundarea succesivă efectuată la adâncimea de 39 m, se va executa conform tabelului LH-82 pentru durata fictivă rotunjită la timpul imediat superior existent în tabel (40 minute). Deci, palierele de decompresie pentru o scufundare succesivă la 39 m cu durata de 25 minute, vor fi cele corespunzătoare unei scufundări izolate la aceeaşi adâncime (39 m), dar cu o durată mai mare (40 minute), adică: 1 min. la 9 m, 14 min. la 6 m şi 28 min. la 3 m. Ținând cont că viteza de ridicare la primul palier este de 15 m/min. şi deci timpul de ridicare până la primul palier este (39 - 9)/15 = 30/15 = 2 min., timpul total de ridicare la suprafață va fi 2 + 1 + 14 + 28 = 45 min.

Atunci când din diferite motive scafandrul, respirând aer, depăşeşte a-dâncimea de 60 m, sau realizează o durată a scufundării superioară celei prevăzute în tabelul LH-82, revenirea la suprafață (la presiunea atmosferică) se va efectua utilizând tabelul U.S. Navy-70 specializat pentru *expuneri excepționale* (vezi „Ghidul scafandrului autonom", autori A. Petru, M. Degeratu, S. Ioniță, Ed. Olimp-Press, Bucureşti, 1992).

5.4.2. Tabele de decompresie cu aer Bühlmann, pentru scufundări la altitudine

Atunci când se execută scufundări cu aer, în medii acvatice situate la diverse altitudini, cum ar fi lacurile de munte, decompresia se va efectua utilizând tabele

specializate elaborate în cadrul şcolii elvețiene de scufundare, tabele reproduse în anexele manualului după A.A. Bühlmann (tabelul BÜ-700 în anexa 4 şi tabelul BÜ-1 500 în anexa 5).

În continuare, se vor face precizări privind cele două tabele Bühlmann, pri-mul utilizat în cazul scufundărilor în medii acvatice situate la altitudini cuprinse între 0 m şi 700 m (tabel BÜ-700, anexa 4), iar al doilea folosit pentru scufundări în medii acvatice situate la altitudini cuprinse între 701 m şi 1 500 m (tabel BÜ-1 500, anexa 5).

Prima coloană din tabelele BÜ-700 şi BÜ-1 500 indică adâncimea de scufundare, a doua coloană indică durata scufundării, iar a treia coloană cuprinde timpul de ridicare de la adâncimea maximă la primul palier. Următorul grup de coloane conține durata palierelor care trebuie efectuate, în cadrul revenirii la suprafață, la diferite adâncimi. Penultima coloană a tabelelor Bühlmann indică durata totală a ridicării la suprafață, iar ultima coloană indică grupa succesivă.

Viteza de ridicare la primul palier este de circa 10 m/min.

Pentru o mai bună înțelegere a modului de utilizare a tabelelor Bühlmann, se prezintă în continuare un exemplu de *determinare a profilului decompresiei la o scufundare normală, izolată, la altitudine.*

Exemplul nr. 3

Să se determine caracteristicile decompresiei pentru o scufundare cu aer într-un lac situat la o altitudine de 600 m. Scufundarea se va executa la o adâncime de 34 m, durata scufundării fiind de 30 minute.

Scufundarea fiind efectuată într-un lac situat la altitudinea de 600 m, se va utiliza tabelul de decompresie Bühlmann pentru scufundări în ape situate la altitudini cuprinse între 0 m şi 700 m (tabel BÜ-700, anexa 4).

Cu valoarea adâncimii de scufundare rotunjită la valoarea adâncimii imediat superioară existentă în tabel (36 m) şi cu durata scufundării (30 min.), se intră în tabelul BÜ-700 şi se obține profilul decompresiei cu palierele caracteristice: 2 min. la 9 m, 5 min. la 6 m şi 14 min. la 3 m. Timpul de ridicare de la adâncimea maximă la primul palier este de 2,7 min., iar durata totală a ridicării este de 2,7 + 2 + 5 + 14 = 23,7 min.

Pentru scufundări normale succesive, în cazul tabelelor Bühlmann de decompresie cu aer pentru scufundări la altitudine (tabelele BÜ-700 şi BÜ-1 500), coeficientul „C“ al scufundării succesive utilizat în cadrul tabelelor LH-82, este înlocuit cu grupe succesive marcate cu litere (A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L). La determinarea caracteristicilor decompresiei pentru o scufundare succesivă la altitudine, se folosesc şi tabelele anexe tabelelor Bühlmann şi anume tabelele A-BÜ (anexa 6) şi B-BÜ (anexa 7).

Pentru determinarea profilului de decompresie după o scufundare succesivă, se va utiliza o procedură asemănătoare cu cea folosită la utilizarea tabelelor LH-82, cu deosebirea că în loc de valorile coeficientului „C“, se utilizează grupele succesive marcate cu litere. *Cu aceste tabele Bühlmann se pot executa decompresii la scufundări succesive numai cu respirare de aer în intervalul de*

suprafață.

Astfel, pentru *determinarea profilului decompresiei la o scufundare normală succesivă executată într-un mediu acvatic aflat la o anumită altitudine,* se procedează în felul următor:

- după prima scufundare se citeşte din tabelul Bühlmann specific altitudinii la care se execută scufundarea (BÜ-700 sau BÜ-1 500), grupa succesivă la sfârşitul primei scufundări (la începutul intervalului de la suprafață) în dreptul adâncimii şi duratei acestei prime scufundări;
- cunoscând intervalul de suprafață cu respirarea de aer după care va fi efectuată noua scufundare (scufundarea succesivă), se intră în tabelul A-BÜ cu grupa succesivă de la începutul intervalului de la suprafață determinată anterior şi cu intervalul de la suprafață, determinându-se noua grupă succesivă (grupa succesivă modificată) corespunzătoare sfârşitului intervalului de la suprafață;
- cunoscând adâncimea la care se va efectua noua scufundare (adâncimea scufundării succesive), se va trece la traducerea grupei succesive de la sfârşitul intervalului de la suprafață într-o durată a unei scufundări fictive la adâncimea scufundării succesive (timp de majorare), intrând în tabelul B-BÜ cu grupa succesivă modificată rezultată din tabelul A-BÜ şi cu adâncimea scufundării succesive, determinând astfel timpul de majorare a scufundării succesive. La utilizarea tabelului A-BÜ, atunci când, corespunzător grupei succesive la începutul intervalului de la suprafață, intervalul de la suprafață depăşeşte valoarea din coloana „0“, timpul de majorare a duratei scufundării succesive se va lua egal cu zero;
- impunând durata scufundării succesive, se adună la aceasta timpul de majorare calculat rezultând durata fictivă a scufundării succesive;
- cu valorile adâncimii şi duratei fictive ale scufundării succesive se intră în tabelul Bühlmann (BÜ-700 sau BÜ-1 500) şi se determină profilul de decompresie al noii scufundări (palierele de decompresie ale scufundării succesive).

În continuare, pentru o mai bună înțelegere, se prezintă un exemplu de *determinare a profilului decompresiei pentru o scufundare succesivă normală efectuată într-un mediu acvatic situat la o anumită altitudine.*

Exemplul nr. 4

Să se determine caracteristicile decompresiei pentru o scufundare succesivă cu aer într-un lac de munte situat la o altitudine de 1 200 m. Scufundarea succesivă se va executa la o adâncime de 39 m, timp de 25 minute, la un interval de 1 oră şi 30 minute (1,5 ore), după o scufundare normală cu aer, în acelaşi lac, la o adâncime de 30 m, timp de 30 minute. În intervalul de la suprafață de 1 oră şi 50 minute (110 minute) se respiră aer.

Ambele scufundări (normală şi succesivă) fiind efectuate într-un lac situat la altitudinea de 1 200 m, se vor utiliza tabelul Bühlmann pentru scufundări în ape situate la altitudini cuprinse între 701 m şi 1 500 m, (tabel BÜ-1 500, anexa 5) şi tabelele anexe pentru scufundări succesive (tabel A-BÜ, anexa 6 şi tabel B-BÜ, anexa 7).

Cu valoarea adâncimii (30 m) şi cu durata (30 minute) caracteristice primei

scufundări, se intră în tabelul BÜ-1 500 de unde se obține grupa succesivă de la sfârşitul primei scufundări (începutul intervalului de la suprafață) (grupa succesivă F).

Cu grupa succesivă de la începutul intervalului de la suprafață (F) şi cu valoarea intervalului de la suprafață de 1 oră şi 30 minute = 1,5 ore (în cazul în care valoarea reală a intervalului de la suprafață nu coincide cu o valoare din tabel, se ia valoarea imediat inferioară), se intră în tabelul A-BÜ şi se obține grupa succesivă la sfârşitul intervalului de la suprafață (A).

Cu grupa succesivă nou determinată (A) şi cu adâncimea scufundării succesive (39 m), se intră în tabelul B-BÜ şi se determină timpul de majorare a duratei scufundării succesive (6 minute).

Se adună timpul de majorare calculat (6 minute) la durata scufundării succesive (25 minute) şi se obține durata fictivă a scufundării succesive (6 + 25 = 31 minute).

Decompresia pentru scufundarea succesivă, efectuată la adâncimea de 39 m, se va executa conform tabelului BÜ-1 500 pentru durata fictivă rotunjită la timpul imediat superior existent în tabel (40 min.). Deci, palierele de decompresie pentru o scufundare succesivă la altitudine, la o adâncime de 39 m şi cu durata de 25 min., vor fi cele corespunzătoare unei scufundări izolate la altitudine, la aceeaşi adâncime (39 m), dar cu o durată mai mare (40 min.), adică: 2 min. la 12 m, 6 min. la 9 m, 6 min. la 6 m, 12 min. la 4 m şi 30 min. la 2 m. Ținând cont că timpul de ridicare la primul palier este de 2,7 min., timpul total de ridicare la suprafață va fi 2,7 + 2 + 6 + 6 + 12 + 30 = 58,7 min.

NOTĂ : Ținând cont de faptul că, deşi revenite la presiunea atmosferică, țesuturile organismului continuă să se desatureze, după efectuarea ultimei scufundări, indiferent de tehnologia de scufundare utilizată şi de tabelul de decompresie folosit, se recomandă ca scafandrii să nu fie transportați cu avionul sau elicopterul un anumit interval de timp pentru a se evita apariția unui accident de decompresie.

Valorile acestui interval de timp, care sunt funcție de adâncime şi de timpul total de scufundare, sunt prezentate în Anexa 8.

În cazul în care un scafandru a suferit un accident de scufundare ce necesită transportarea lui de urgență la un centru hiperbar specializat în tratarea accidentului, trebuie avut grijă ca timpul de deplasare să fie de maximum o oră, iar altitudinea să nu depăşească 900 m, pentru a nu agrava accidentul.

6. ACCIDENTE DE SCUFUNDARE

În timpul efectuării de scufundări, scafandrii sunt supuşi în permanență pericolului apariției unor accidente specifice acestui tip de activități. În acest sens, acest capitol îşi propune să pună în gardă scafandrii asupra pericolelor pe care le pot întâlni în timpul scufundării, precum şi asupra tipurilor de accidente de scufundare ce pot apărea. Astfel, în acest capitol vor fi prezentate cauzele apariției diferitelor tipuri de accidente de scufundare, modul de manifestare a acestora, primul ajutor în caz de accident, posibilitățile de tratament a accidentelor şi regulile de prevenire a lor. Cu cât un scafandru va fi mai antrenat şi cu cât va avea cunoştințe mai temeinice privind accidentele de scufundare, cu atât riscurile de apariție a acestor accidente vor fi mai reduse.

În prezent, datorită calității bune a elementelor de echipament fabricate de firmele specializate, riscul apariției unui accident provocat de defectarea echipamentului de scufundare este foarte mic. Atunci când echipamentul de scufundare este bine întreținut şi verificat, nu există practic nici un risc de accident datorat echipamentului.

Accidentele de scufundare se datoresc, cel mai des, necunoaşterii temeinice a efectelor presiunii asupra organismului uman şi a regulilor de scufundare ce se desprind din aceste efecte, cunoaşterii insuficiente a echipamentului de care se dispune, improvizațiilor de echipament şi procedee, supraestimării posibilităților de care se dispune în timpul executării de scufundări, necunoaşterii mediului acvatic, precum şi lipsei de exercițiu şi antrenament.

Accidentele de scufundare pot fi clasificate în patru mari grupe, după cum urmează (anexa 9):

- accidente datorate efectelor mecanice ale presiunii, numite *accidente fizico-mecanice* (suprapresiunea pulmonară, barotraumatismele şi colicile scafandrului);
- accidente datorate efectelor biofizice ale presiunii, numite *accidente biofizice* (accidentele de decompresie);
- accidente datorate efectelor biochimice ale presiunii, numite *accidente biochimice* (narcoza azotului, criza hiperoxică, intoxicația cu bioxid de carbon şi hipoxia);
- *alte accidente* legate de activitatea de scufundare (hipotermia şi înecul).

În continuare, sunt prezentate elemente generale despre fiecare din accidentele ce pot apărea la scufundarea cu aer, privind descrierea, primul

ajutor, tratamentul şi măsurile de prevenire ale acestora, iar în finalul acestui capitol sunt prezentate considerații privind accidentele scufundării libere (în apnee) şi contraindicațiile în scufundare.

De asemenea, în anexele 10, 11, 12 şi 13 sunt expuse în mod sintetic, sub formă de tabele, cauzele, simptomele, măsurile ce trebuie luate şi regulile de prevenire a accidentelor specifice scufundării autonome cu aer. Astfel, aceste tabele permit echipei de scafandri de a evita accidentele de scufundare prin eliminarea cauzelor care le provoacă, de a le identifica atunci când apar, de a lua măsurile care se impun şi de a le preveni prin aplicarea unor tehnici specifice. În aceeaşi manieră, în anexa 14 sunt prezentate succint accidentele din scufundarea liberă.

6.1. Accidente fizico - mecanice (barotraumatisme)

Accidentele fizico-mecanice sunt accidentele datorate efectelor mecanice ale presiunii şi afectează teritoriul plămânilor şi al cavităților pneumatice anexe (urechea medie şi sinusurile), precum şi tubul digestiv, având drept cauză variațiile de volum ale gazelor aflate în cavitățile organismului, determinate de variațiile de presiune (Fig. 6.1 şi anexa 10).

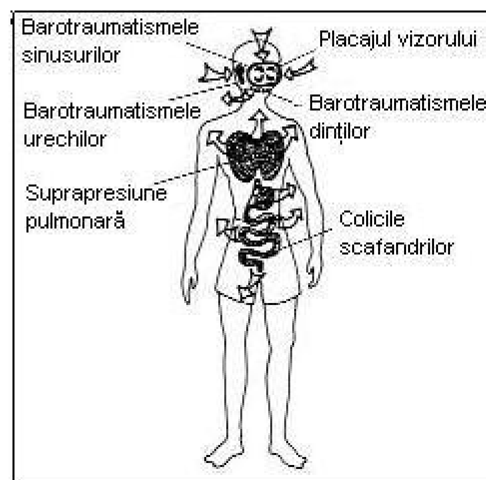


Fig. 6.1. Accidentele fizico-mecanice (barotraumatismele)

6.1.1. Suprapresiunea pulmonară

Suprapresiunea pulmonară este un accident de scufundare ce apare datorită destinderii gazelor blocate în plămâni peste limita de elasticitate a acestora, în timpul ridicării către suprafața apei.

6.1.1.1. Descrierea accidentului de suprapresiune pulmonară

Deşi în scufundarea autonomă este o regulă menținerea continuă a jocului inspirației şi expirației în timpul urcării la suprafață, ea nu este respectată în cazurile extreme, când panica pune stăpânire pe scafandrul neantrenat. În ciuda tuturor consemnelor, unii scafandri îşi opresc respirația, împiedicând expirația (în unele cazuri în mod voluntar, în alte cazuri în mod reflex printr-un spasm al glotei

produs de spaimă), ceea ce conduce la creşterea rapidă a volumului gazelor conținute în plămâni o dată cu scăderea presiunii (adâncimii). Continuând urcarea către suprafața apei, volumul gazelor din plămâni creşte atât de mult încât depăşeşte volumul maxim al alveolelor şi, învingând limita lor de elasticitate, conduce la ruperea acestora. De aici, apariția printre altele a unui pneumotorax spontan, adesea sufocant şi a emboliei gazoase în circulația pulmonară. Accidentul este cu atât mai grav cu cât blocarea expirației se produce mai aproape de suprafața apei, acolo unde scăderile de adâncime conduc la variații mari de volum.

Consecințele suprapresiunii pulmonare sunt:

• *Embolia gazoasă*, care este cea mai gravă consecință a suprapresiunii pulmonare. Cu sau fără ruperea alveolelor pulmonare („explozia“ plămânului), o presiune de aproximativ 1,2 m coloană de apă poate împinge aerul din alveolele pulmonare în vasele de sânge care le înconjoară. Odată ajuns în sânge, aerul este transportat la inimă, iar de aici este trimis prin artere în tot corpul. O parte din aer va ajunge în mod sigur în arterele care alimentează creierul. Aici, orice bulă de gaz care este mai mare decât o hematie, se poate înțepeni într-un vas de sânge. Ea va forma un dop, „embolus“, care nu va permite sângelui să treacă mai departe prin acel vas. Țesutul creierului, din zona aferentă vaselor de sânge de după dopul gazos, nu va mai fi irigat. Acest țesut nu va putea să reziste neoxigenat mai mult de câteva minute fără a suferi leziuni ireversibile. Un scafandru care a suferit o embolie gazoasă îşi poate pierde cunoştința fie înainte de revenirea la suprafață, fie la câteva minute după ieşirea din apă. De asemenea, există posibilitatea de a se produce o embolie redusă cu simptome limitate, însă acesta este un caz foarte rar întâlnit.

• *Emfizemul mediastinal*, care este tot o consecință a suprapresiunii pulmonare, dar mai puțin serioasă decât embolia gazoasă. Acesta constă în aceea că aerul este împins în spațiile cu țesut din mijlocul toracelui, între plămâni, lângă inimă şi de-a lungul traheii. Simptomele caracteristice sunt: dureri toracice, tulburări respiratorii şi leşin datorită presiunii aerului asupra inimii.

• *Emfizemul subcutanat*, care este tot o consecință a suprapresiunii pulmonare, dar mai puțin importantă ca embolia gazoasă şi care constă în existența de aer sub piele, în special în jurul gâtului. În acest caz, simptomele sunt: tulburări respiratorii, edem şi chiar schimbarea vocii.

• *Pneumotoraxul*, care este o consecință importantă a suprapresiunii pulmonare, dar mai puțin gravă ca embolia gazoasă. Pneumotoraxul constă în pătrunderea aerului între plămâni şi peretele cavității toracice, în cavitatea pleurală. Acest lucru va face ca plămânul afectat să-şi reducă volumul, cel puțin în parte, ceea ce va afecta respirația. Dacă presiunea creşte, aceasta va afecta nu numai plămânul, ci şi inima reducând activitatea cardiacă. Simptomele constau tot din dureri în piept şi dificultăți respiratorii.

6.1.1.2. Primul ajutor în cazul emboliei gazoase

După cum s-a arătat, simptomele specifice emboliei gazoase pot apărea chiar în timpul ridicării sau după câteva momente după ieşirea scafandrului la suprafața apei. Înainte de a-şi pierde cunoştința, victima unei embolii gazoase

poate avea simptome ca: mişcări necoordonate, ameţeli, paralizie, tulburări de vedere şi vorbire, dureri în piept, sânge în gură, convulsii şi întreruperea respiraţiei.

Imediat ce există bănuiala că un scafandru ar putea fi victima unei embolii gazoase, acestuia trebuie să i se acorde primul ajutor, după care trebuie recomprimat într-o barocameră. Nu se recomandă recomprimarea victimei direct în apă deoarece simptomele sunt prea severe pentru a permite un tratament adecvat în apă.

Primul ajutor în cazul emboliei gazoase constă în:

- se culcă scafandrul accidentat pe spate, înclinat puţin spre stânga, cu capul mai jos decât picioarele, pentru a micşora posibilitatea ca bulele de gaz rămase în sistemul circulator să ajungă la creier;
- se efectuează victimei respiraţia „gură la gură", numai dacă este necesar;
- se administrează scafandrului oxigen;
- se protejează victima contra şocurilor;
- se transportă victima de urgenţă la cea mai apropiată barocameră pentru recompresie.

Transportul scafandrului, care a suferit o embolie gazoasă, cu avionul sau cu elicopterul, este justificat numai dacă aceasta conduce la o reducere substanţială a timpului de transport, iar în acest caz, expunerea la presiunea scăzută din timpul zborului trebuie redusă la minimum.

6.1.1.3. Tratamentul accidentului de suprapresiune pulmonară

În ceea ce priveşte tratamentul de urgenţă a accidentului de suprapresiune pulmonară cu consecinţele ei, acesta este exclusiv hiperbar, prin recomprimarea rapidă, în barocameră (Fig. 6.2), a scafandrului având simptomele acestui accident, la o presiune cu 1 bar mai mare decât presiunea de expunere în apă (corespunzătoare adâncimii atinse de scafandru), fără a depăşi presiunea de 5 bar (sc. man.). Tratamentul hiperbar trebuie completat cu o intervenţie medicamentoasă şi eventual chirurgicală.



Fig. 6.2. Barocameră pentru tratarea accidentelor de scufundare

6.1.1.4. Măsuri de prevenire a apariţiei accidentului de suprapresiune pulmonară

Accidentul de suprapresiune pulmonară, prin consecinţele sale, fiind unul din accidentele de scufundare cele mai grave, trebuie evitat cu orice preţ. Astfel, evitarea apariţiei suprapresiunii pulmonare se face controlând în permanenţă libera expiraţie în timpul urcării către suprafaţa apei. Este important ca în timpul efectuării unei scufundări cu aer comprimat, pe perioada ridicării la suprafaţă,

scafandrul să lupte împotriva tendinței de a-şi ține respirația atunci când se află într-o situație critică, de panică. Pe toată durata urcării la suprafață, scafandrul trebuie să respire în mod normal şi să expire în mod continuu. Expirația surplusului de aer ce apare în timpul urcării trebuie efectuată chiar şi atunci când urcarea la suprafață se execută liber, scafandrul nemaiavând detentorul în gură.

De aceea, în timpul învățării tehnicilor de scufundare, este absolut necesar să se insiste asupra consecințelor şi pericolelor apariției suprapresiunii pulmonare. Totodată, pentru o mai bună însuşire a tehnicilor specifice evitării a-pariției suprapresiunii pulmonare, programul de învățare trebuie să conțină exerciții şi antrenamente specifice.

6.1.2. Barotraumatismele urechii medii

Barotraumatismele sunt accidente de scufundare aparținând categoriei accidentelor fizico-mecanice şi apar ca urmare a dezechilibrului de presiune dintre presiunea gazului existent în cavitățile pneumatice anexe ale aparatului respirator (urechea medie şi sinusurile) şi presiunea exterioară (presiunea mediului acvatic la adâncimea de imersie).

Urechea medie este o cavitate pneumatică aflată între timpan şi trompa lui Eustache. Trompa lui Eustache face legătura între urechea medie şi faringe şi este, de obicei, închisă.

Atunci când începe scufundarea, cavitatea pneumatică care constituie urechea medie, conține aer la presiunea atmosferică. O dată cu începerea coborârii, datorită creşterii presiunii exterioare, apare un dezechilibru între presiunile care acționează de o parte şi de alta a timpanului şi anume între presiunea mediului acvatic exterior care creşte cu adâncimea şi presiunea aerului din urechea medie care rămâne practic la valoarea presiunii atmosferice. În condițiile în care trompa lui Eustache este închisă, aceeaşi diferență de presiune există şi între presiunea aerului din faringe (scafandrul respiră aer la o presiune egală cu presiunea corespunzătoare adâncimii de imersie) şi presiunea aerului din urechea medie. În plus, aceeaşi diferență de presiune operează şi la nivelul fiecărui vas de sânge din mucoasa ce căptuşeşte urechea medie, deoarece presiunea din sânge creşte odată cu creşterea presiunii exterioare care se transmite prin corp la sânge.

Înainte ca diferența de presiune să devină foarte mare, trebuie introdus aer din faringe în urechea medie prin trompa lui Eustache, egalizând astfel presiunile de o parte şi alta a timpanului. Însă, trompa lui Eustache nu permite întotdeauna trecerea uşoară a aerului dinspre faringe către urechea medie. Deschiderea trompei, în vederea echilibrării presiunii se poate realiza fie prin deglutiție (înghițire sau o simulare de înghițire a salivei), fie prin mişcarea maxilarelor. Dar cea mai eficientă metodă de echilibrare este manevra Valsalva care constă în strângerea nasului între degete şi suflarea de aer în nas pentru a forța aerul din faringe să deschidă trompa lui Eustache şi să pătrundă prin ea către urechea medie. În afară de manevra prin deglutiție şi manevra Valsalva, mai există şi alte manevre de echilibrare a presiunii din urechea medie cu presiunea exterioară. În tabelul 6.1 sunt prezentate tipurile de manevre şi tehnicile specifice care pot fi efectuate pentru echilibrarea presiunilor de pe cele două fețe ale timpanului.

Răceala, infecțiile sau febra duc la inflamarea mucoasei din jurul trompei, conducând la dificultăți de deschidere a trompei şi deci de echilibrare a presiunii din urechea medie. Utilizarea picăturilor pentru nas (Fedrocaină, Bixtonim, Rinofug) poate reduce inflamația, uşurând echilibrarea urechii dar, atunci când dispare efectul acestor medicamente, dificultatea echilibrării devine chiar mai mare decât înainte. De aceea, când apar astfel de probleme este recomandabil să nu se efectueze scufundări.

În cazul unei coborâri rapide, care crează diferențe de presiune ce depăşesc 120 mbar (0,120 bar), se produce blocajul trompei lui Eustache şi orice manevre ale scafandrului de a-şi echilibra presiunea urechii devin inutile. În acest caz, se recomandă ca scafandrul să urce câțiva metri şi apoi să reînceapă manevrele de egalizare a presiunii din urechea medie cu presiunea ambiantă.

Tabelul 6.1

Manevre pentru echilibrarea urechii

Tipul manevrei	Tehnica de echilibrare specifică
1. Manevra de echilibrare prin deglutiție	Se realizează prin deglutiție (înghițire) sau o simulare de deglutiție a salivei. Aceasta permite deschiderea trompei lui Eustache şi echilibrarea presiunilor de pe cele două fețe ale timpanului.
2. Manevra Valsalva	Se realizează prin suflare de aer către nas, nările fiind presate cu degetele şi gura închisă. Suflarea de aer se face dinspre plămâni printr-o simulare de expirație
3. Manevra Frenzel	Permite insuflarea de aer către trompa lui Eustache fără a efectua o expirație dinspre plămâni. Manevra este indapendentă de respirație, scurtcircuitând aerul toracic la nivelul glotei şi nu afectează sistemul cardiovascular. În practică: glota blocată, nările presate, baza limbii ridicată înspre spate, se încearcă un început de deglutiție şi se emite sunetul "Ke".
4. Manevra "deschidere tubară voluntară"	Se obține printr-un antrenament muscular progresiv al trompei lui Eustache. În practică: se încearcă reconstituirea voluntară a poziției muşchilor faringelui ca la manevrele Valsalva sau Frenzel, din timpul deschiderii trompei. Prin concentrare ăi fără ajutorul unei presiuni asociate, se caută să se mențină deschiderea tubară până la echilibrarea presiunii din ureche.
5. Manevra Toynbee	Este utilizată în timpul urcării către suprafață, atunci când axistă posibilitatea ca presiunea din urechea medie să devină superioară presiunii exterioare. În practică: se efectuează o simulare de inpirație, nasul fiind cu nările presate, iar gura închisă. De obicei, echilibrarea presiunii la urcarea către suprafață se realizează în mod automat. Manevra Toynbee se va utiliza numai atunci când echilibrarea nu se realizează automat.

6.1.2.1. Descrierea barotraumatismelor urechii medii

Dacă echilibrarea urechii medii nu reuşeşte şi se continuă totuşi coborârea în apă, atunci vor apărea accidentele mecanice din categoria barotraumatismelor urechii. În continuare, se va prezenta pe scurt modul în care apar şi se dezvoltă barotraumatismele urechii în cazul în care nu se reuşeşte echilibrarea presiunii din urechea medie.

Vasele de sânge din țesutul care căptuşeşte urechea medie şi cele de pe fața internă a timpanului sunt primele care vor fi afectate de existența dezechilibrului de presiune. Aceste vase de sânge nu pot rezista la o diferență prea mare între presiunea sângelui din interior şi presiunea mai mică existentă în urechea medie. Funcție de valoarea diferenței de presiune (care este funcție de variația de adâncime) şi de timpul cât aceasta acționează (până în momentul echilibrării presiunilor), vasele se vor umfla până la limita lor de elasticitate şi în final se vor sparge. Astfel, vor apărea hemoragii în mucoasă, iar apoi în spațiul din urechea medie.

Timpanul va sângera fără a se rupe neapărat. De multe ori, cantitatea de sânge care se adună în urechea medie, este destul de importantă, reducând volumul de aer prin comprimarea acestuia. Aceasta va avea ca efect o egalizare a presiunii din urechea medie cu presiunea exterioară, ferind astfel timpanul de rupere. Acest proces de echilibrare nu este recomandat să aibă loc.

Sensibilitatea timpanului este variabilă de la individ la individ. La scufundare, ca regulă generală, timpanul poate suporta, fără să sufere, o diferență de presiune între exterior şi cavitatea urechii medii de până la 300 mbar (0,3 bar), ceea ce corespunde unei creşteri de adâncime de circa 3 m. Peste această diferență de presiune, timpanul devine concav către exterior, tinzând să se rupă şi devine dureros.

Egalizarea prin hemoragie produce o acumulare de sânge în urechea medie care împreună cu afecțiunile membranei interioare pot conduce la infecții şi la pierderea auzului.

Apariția durerilor şi continuarea acestora după scufundare, ca de altfel şi apariția de scurgeri de lichid din urechea medie, indică existența unei infecții. De asemenea, apariția de sânge în secreția nazală sau în cavitatea bucală este explicabilă în cazul unui astfel de accident, deoarece sângele din urechea medie se elimină prin trompa lui Eustache către faringe.

Ruperea timpanului în apă rece poate avea efecte şi mai serioase. Apa rece care pătrunde în urechea medie cauzează o deteriorare violentă a simțului echilibrului ducând la stări grave de amețeală (vertij) şi greață.

Vertijul trece, de obicei, de îndată ce apa se încălzeşte în interiorul urechii (după aproximativ un minut). În acest caz, se recomandă păstrarea pe cât posibil a unui ritm respirator normal până când simptomele încetează.

Tulburările de echilibru pot apărea şi în timpul ridicării către suprafața apei şi poartă denumirea de vertij alternobaric. Acesta se datorează presiunilor anormale din urechea medie care au un efect asupra structurilor adiacente din urechea internă. Acest fenomen apare în timpul urcării către suprafață, mai ales după o coborâre marcată de dificultăți de egalizare a presiunii din urechea medie

şi este însoțit de simptome asemănătoare celor specifice vertijului. Atunci când apar astfel de simptome, se recomandă oprirea ridicării pentru câteva minute, ca apoi să fie continuată în ritm lent.

În timpul ridicării către suprafață, aerul din urechea medie trebuie să părăsească urechea medie trecând în sens invers către faringe prin trompa lui Eustache. Această nouă echilibrare a presiunii se realizează de obicei spontan, fără să necesite manevre speciale.

6.1.2.2. Tratamentul barotraumatismelor urechii

Imediat ce apare un accident de scufundare mecanic din categoria barotraumatismelor urechii, victima trebuie îndrumată imediat la un medic ORL care îi va aplica un tratament medicamentos corespunzător sau, dacă este cazul, un tratament chirurgical adecvat.

Trebuie acordată o importanță mare infecțiilor care pot apărea în cazul unui astfel de accident. Fără infecție, un timpan rupt se poate vindeca foarte bine. În cazul apariției unei infecții situația devine mai complicată, necesitând un tratament şi o urmărire medicală mult mai serioasă.

De aceea, atunci când apar simptome ca slăbirea auzului, țiuit în urechi, dureri de urechi, scurgeri lichide din nas şi din gură, sânge în secreția nazală şi în cavitatea bucală, scafandrul care a fost victima unui astfel de accident trebuie să se prezinte imediat la un medic specialist în medicină hiperbară sau, dacă acest lucru nu este posibil, la un medic specialist ORL.

6.1.2.3. Măsuri de prevenire a barotraumatismelor urechii

Pentru evitarea apariției unui accident din categoria barotraumatismelor urechii medii, se impune ca necesară realizarea unei corecte echilibrări a urechii medii prin deglutiție sau prin manevra Valsalva. Este recomandabil să se efectueze echilibrarea urechii medii înaintea apariției primelor dureri. Manevrele de echilibrare a urechilor trebuie începute chiar de la debutul scufundării pentru a obişnui aceste organe cu o astfel de gimnastică.

Atunci când, în timpul coborârii către adâncimea de lucru, apar uşoare dureri ale urechii care semnifică neechilibrarea corespunzătoare a acesteia, scafandrul va trebui să urce puțin până la dispariția durerilor şi apoi să înceapă sau să reînceapă efectuarea manevrelor de echilibrare.

De asemenea, atunci când, în timpul coborârii sub apă, scafandrul constată că nu-şi poate echilibra urechile cu toate manevrele pe care le-a încercat, se recomandă să nu se insiste în încercarea de echilibrare a urechilor şi să se renunțe la scufundare.

Totodată, atunci când scafandrul este răcit, sau când are o rinită acută, acesta trebuie să renunțe la orice fel de scufundare până la vindecare. Folosirea de picături pentru nas cu scop vasoconstrictiv nu este o soluție, deoarece acestea au efect pentru un timp foarte scurt.

6.1.3. Barotraumatismele sinusurilor

Sinusurile sunt, de asemenea, nişte cavități pneumatice anexe ale aparatului respirator, aflate în interiorul oaselor feței şi ale cutiei craniene. Există patru

perechi de sinusuri şi anume: sinusurile frontale, situate deasupra sprâncenelor, sinusurile maxilare, situate în maxilarul superior, sinusurile etmoidale, plasate între ochi şi sinusurile sfenoidale, aflate sub creier. Sinusurile mai importante din punct de vedere al mărimii lor sunt sinusurile frontale şi maxilare. Sinusurile sunt căptuşite în interior cu o mucoasă care o continuă pe cea nazală şi comunică, prin intermediul unor canale osoase, cu fosele nazale care la rândul lor comunică cu faringele.

Ca şi în cazul urechii medii, în timpul coborârii sub apă, sinusurile trebuie umplute cu aer din fosele nazale în vederea echilibrării presiunii pentru a preveni o comprimare care poate fi dureroasă. De obicei, echilibrarea presiunii din sinusuri se face în mod spontan fără să fie necesară vreo manevră de egalizare.

6.1.3.1. Descrierea barotraumatismelor sinusurilor

Dacă, din diferite motive, mucoasa se inflamează în interiorul unui canal ce realizează comunicarea sinusului cu fosele nazale, se poate produce o închidere completă a canalului şi o izolare totală a sinusului respectiv. Acest lucru se poate întâmpla în cazul unei răceli şi poate duce la imposibilitatea egalizării presiunii din sinusuri cu presiunea exterioară.

Diferențele de presiune ce apar în timpul coborârii, între presiunea exterioară şi presiunea aerului din sinusurile obstruate, provoacă dureri puternice frontale şi maxilare care pot declanşa hemoragii sau hematoame în interiorul sinusurilor. Pentru a descongestiona mucoasa din interiorul canalelor care leagă sinusurile cu fosele nazale, în cazul unei răceli sau sinuzite, unii scafandrii folosesc picături pentru nas (Fedrocaină, Bixtonim, Rinofug), reuşind astfel deschiderea conductelor sinusurilor. Se poate însă întâmpla ca efectul acestor soluții pentru instilații nazale să treacă prea repede, conducând la apariția de probleme mult mai serioase.

De aceea, se recomandă cu insistență să nu se efectueze scufundări a-tunci când scafandrul este răcit sau atunci când are o sinuzită. Atunci când scafandrul, având o răceală sau o sinuzită, forțează echilibrarea sinusurilor nazale, s-ar putea ca la un moment dat el să reuşească acest lucru şi prima parte a scufundării se va petrece normal. Dar, în timpul urcării la suprafață, aerul comprimat conținut în sinusuri va refuza să iasă din sinusuri prin canalele care sunt din nou astupate, provocând dureri foarte mari. Simptomele care apar datorită dificultăților de echilibrare a sinusurilor sunt: dureri în zona respectivă şi eliminare de sânge pe nas.

6.1.3.2. Tratamentul în cazul barotraumatismelor sinusurilor

Ca şi în cazul barotraumatismelor urechii, scafandrul care a fost victimă a unui astfel de accident, trebuie îndrumat imediat către un medic specialist în medicină hiperbară sau, dacă acest lucru nu este posibil, către un doctor specialist ORL, care îl va consulta şi îi va aplica un tratament medicamentos specific sau, dacă este cazul, un tratament chirurgical corespunzător.

6.1.3.3. Măsuri de prevenire a barotraumatismelor sinusurilor

Măsura cea mai rațională pentru prevenirea apariției accidentelor mecanice din categoria barotraumatismelor sinusurilor, constă în evitarea efectuării de scufundări atunci când scafandrul este răcit, dar mai ales atunci când scafandrul suferă de o sinuzită netratată. În astfel de situații, scafandrul trebuie mai întâi să-şi vindece răceala sau sinuzita şi apoi să încerce să efectueze din nou scufundări, dar cu prudență, urmărind dacă poate efectua echilibrări corespunzătoare ale sinusurilor.

Nu se recomandă folosirea picăturilor pentru nas deoarece, aşa cum s-a mai arătat, efectul lor poate fi de foarte scurtă durată, pentru ca imediat după dispariția efectului lor manevra de echilibrare a sinusurilor să devină şi mai dificilă, iar probabilitatea de apariție a unor barotraumatisme ale sinusurilor să crească considerabil.

De aceea, atunci când în timpul coborârii scafandrul constată că nu poate echilibra unul sau mai multe sinusuri, el trebuie să renunțe la scufundare şi să se prezinte la un medic specialist pentru a vedea care este motivul dificultăților de echilibrare.

6.1.4. Colicile scafandrilor

Colicile scafandrilor fac parte din accidentele de scufundare care sunt cauzate de tendința de creştere a volumului gazelor conținute în tubul digestiv în timpul ridicării către suprafața apei (scăderea presiunii ambiante).

6.1.4.1. Descrierea colicilor scafandrilor

Datorită fermentației digestive şi înghițirii de aer în timpul scufundării, în stomac şi intestine se poate acumula o anumită cantitate de gaze. În timpul coborârii, gazele din stomac şi intestine sunt comprimate fără vreun efect negativ. Dacă, la adâncime, gazele continuă să se formeze şi scafandrul continuă să înghită aer, cantitatea de gaze acumulată în tubul digestiv creşte şi, în timpul ridicării la suprafață, îşi vor mări volumul, destinzându-se. Creşterea volumelor de gaze din tubul digestiv va destinde pereții stomacului sau intestinelor provocând crampe abdominale numite *colicile scafandrilor*. Aceste dureri abdominale sunt însoțite de eructații şi chiar de dificultăți de respirație.

6.1.4.2. Tratamentul colicilor scafandrului

În cazul în care, în timpul urcării la suprafață, scafandrul constată apariția primelor simptome ale colicilor scafandrului, pentru a nu risca ruperea tubului digestiv, cu complicații specifice, scafandrul va trebui să coboare la o adâncime la care colicile încetează şi, prin mişcări sau masaje, va încerca eliminarea gazelor prin eructații şi flaturări voluntare, după care va continua urcarea în ritm lent.

Tratarea colicilor scafandrului, după ieşirea la suprafață, se va face prin administrarea unor antispasmotice şi prin expulzări naturale ale gazelor, nefiind întotdeauna necesară recompresia accidentatului.

6.1.4.3. Măsuri pentru evitarea apariției colicilor scafandrului

Pentru preîntâmpinarea apariției eventualelor colici, scafandrii trebuie să respecte un regim alimentar adecvat care să nu cuprindă alimente care produc gaze în timpul digestiei (v. paragraful 7.3). Scafandrii trebuie să respecte, de asemenea, interdicția de a efectua scufundări la mai puțin de două ore după o masă consistentă.

Pentru a limita înghițirea de aer în timpul scufundării, scafandrii trebuie să evite înghițirea de aer în timpul mişcărilor de deglutiție efectuate în timpul echilibrării urechilor, sau să utilizeze manevra de echilibrare Valsalva.

6.2. Accidente biofizice (accidente de decompresie)

Accidentele de decompresie sunt accidentele datorate efectelor biofizice ale presiunii şi sunt specifice atât scafandrilor autonomi cât şi scafandrilor alimentați de la suprafață, respirând fie aer comprimat fie un alt amestec respirator.

În timpul scufundării, în faza coborârii scafandrului către adâncimea de lucru, apare fenomenul de dizolvare a azotului în țesuturi şi în lichidele interstițiale. Dizolvarea azotului este cu atât mai importantă cu cât presiunea (adâncimea) este mai mare.

În faza de revenire la suprafață, scafandrul trebuie să respecte cu strictețe programul de ridicare impus de tabelele de decompresie prezentate în capitolul 5. Urmând programul de decompresie cerut de tabelul de decompresie potrivit, azotul dizolvat în organism se va elimina din țesuturi şi, prin intermediul sângelui va fi trimis către plămâni fiind apoi evacuat prin căile respiratorii. În acest caz eliminarea azotului din țesuturi se face fără apariția de bule periculoase, decompresia decurgând fără riscul apariției de accidente.

Atunci când însă, din diferite motive, scafandrul nu respectă palierele impuse de tabelul de decompresie şi urcă la suprafață prea repede, azotul dizolvat se degajă dând naştere la bule de gaz, al cărui număr este cu atât mai important cu cât ridicarea este mai rapidă, bule ce pot conduce la apariția accidentelor de decompresie. Accidentele de decompresie sunt cele mai frecvente accidente de scufundare şi se manifestă sub diferite forme cum ar fi: mâncărimi, epuizare, dureri articulare, paralizii şi chiar moarte.

6.2.1. Descrierea accidentelor de decompresie

Accidentele de decompresie survin în 50% din cazuri în cursul primelor 30 de minute de după ieşirea scafandrului din apă şi 95 % din accidente se declară în cursul primelor 3 ore de după ieşirea din apă.

Uneori, accidentul de decompresie poate să apară după un timp mai lung, de până la 24 de ore de la sfârşitul scufundării. Timpul de latență a apariției unui accident de decompresie este variabil de la un individ la altul.

Accidentele de decompresie pot fi acute sau cronice şi se manifestă mai ales sub formă de dureri localizate. Paraliziile sunt mult mai rare, iar accidentele pulmonare şi cardiace apar în mod excepțional.

Accidentele biofizice (accidentele de decompresie) pot fi împărțite în patru grupe după cum urmează (Fig. 6.3 şi anexa 11):

- accidente cutanate;

- accidente osteo-artro-musculare (benduri);
- accidente neurologice;
- accidente cu manifestări ORL (vestibulare);
- tulburări respiratorii.

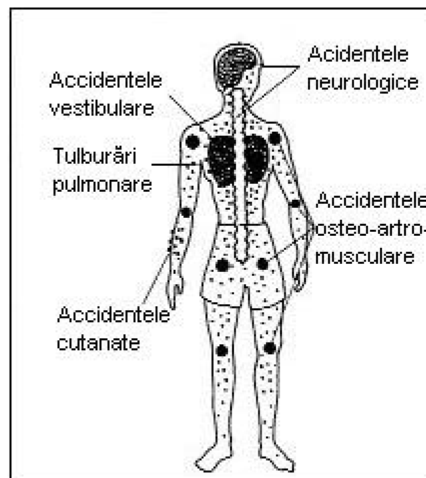


Fig. 6.3. Accidentele biofizice (de decompresie)

6.2.1.1. Accidente cutanate

Accidentele cutanate se manifestă prin simptome cutanate şi anume prin senzații de mâncărimi ale pielii şi diverse erupții, localizate sau generalizate, legate de eliminarea bulelor de azot prin piele. Acest tip de accidente, deşi întâlnit şi la scafandrii autonomi, este specific muncitorilor chesonieri şi scafandrilor care execută scufundări în mediu uscat (în chesoane sau în barocamere) la adâncimi mai mari de 60 m.

Senzațiile de mâncărime au o intensitate variabilă, localizându-se în general la nivelul membrelor superioare, toracelui şi abdomenului.

6.2.1.2. Accidente osteo-artro-musculare (benduri)

Termenul de „bend“ a fost introdus în anul 1894 de Smith pentru a defini artralgiile care dau o atitudine curbată muncitorilor submarini, care la aceea vreme erau în majoritate greci, de unde „grecian bends“ sau simplu „bends“.

Bendurile apar, în general, imediat după executarea unei decompresii necorespunzătoare şi se manifestă prin dureri localizate la nivelul uneia sau a mai multor articulații (genunchi, umăr, cot), sau inserții musculare peri-articulare.

Bendurile se manifestă prin dureri progresive, pe măsură ce bulele localizate în țesuturile peri-articulare se dezvoltă. Durerile cresc în intensitate până ce devin insuportabile.

Articulațiile cele mai atinse sunt: umerii, coatele, încheieturile mâinilor, genunchii, şoldurile şi încheieturile labelor. Examenul radiologic este negativ. Durerile dispar imediat după recompresie şi tratament cu oxigen hiperbar. Refacerea este totală şi fără sechele.

Dacă bendul nu este tratat, există adesea posibilitatea ca durerile să dispară în câteva zile sau săptămâni. Pericolul unui bend netratat este legat de potențialitatea evoluției sale spre o afecțiune cronică gravă, invalidantă. Astfel, bendurile uşoare netratate pot evolua spre osteoartrită sau osteonecroză, în timp ce formele mai grave pot genera paralizii şi chiar moartea. Continuarea scufundărilor după un bend netratat sau tratat necorespunzător poate recidiva accidental, putând antrena infirmități de lungă durată.

6.2.1.3. Accidente neurologice

Accidentele neurologice sunt dintre cele mai grave accidente de decompresie şi sunt legate de nerespectarea palierelor de decompresie.

Aceste accidente apar la un interval de timp relativ scurt după ieşirea scafandrului din apă. Simptomele caracteristice apar în primele minute după revenirea la presiunea atmosferică. Sindromul neurologic poate să se limiteze la o paraplegie sau la monoplegia unui membru inferior, dar adesea, poate fi atins unul din membrele superioare, sau amândouă, completându-se tabloul şi realizându-se o tetraplegie mai mult sau mai puțin completă şi simetrică.

Simptomele de recunoaştere a acestor accidente sunt:

- indispoziție generală, oboseală intensă, nelinişte, impresia unei sincope iminente;
- dureri între omoplați sau în centură;
- furnicături în membrele inferioare;
- imposibilitatea de a se ține în picioare;
- tulburări vezicale: imposibiliatea de a urina.

Tratamentul de urgență al accidentelor neurologice presupune recompresia şi decompresia terapeutică după tabele de decompresie terapeutice alese în funcție de diagnosticul stabilit.

6.2.1.4. Accidente cu manifestări ORL (vestibulare)

Scafandrul care prezintă amețeli mai mult sau mai puțin violente şi asociate cu stări de vomă şi surditate (nu întotdeauna), prezintă un accident vestibular calificat ca „rău de adâncime“.

Când tulburările de echilibru persistă, scafandrul accidentat trebuie consultat de un medic specialist în medicina hiperbară. Când afecțiunea vestibulară este izolată, nu va putea fi vorba de un barotraumatism al urechii deoarece o leziune datorată presiunii antrenează o afecțiune cohleară, dată fiind continuitatea lichidelor labirintice.

Ineficacitatea recompresiei şi eficacitatea tratamentului cu vasodilatatoare dă impresia că bulele de gaz nu au un rol primordial. Acțiunea frigului asupra circulației arteriolare din urechea internă va antrena o tulburare a desaturării şi formării de bule locale. Practic, amețelile calificate ca „rău de adâncime“ după o scufundare în apă rece, asociate cu un nistagmus (mişcare pendulară a globului ocular) intens, trebuie să conducă la suspectarea unei afecțiuni labirintice şi la executarea unui tratament cu vasodilatatoare, altfel existând riscul unor sechele definitive.

6.2.1.5. Tulburări respiratorii

Accidentele pulmonare datorate unei decompresii defectuoase se manifestă sub formă de dispnee (dificultate respiratorie) şi tuse seacă, acompaniate de o cianoză (învinețire) a extremităților şi a buzelor. Este vorba în acest caz, de tulburări survenite prin degajarea de bule în capilarele țesutului pulmonar. Degajarea gazului sub formă de bule crează o blocpnee şi apariția de reflexe inhibitorii ale respirației. Scafandrul, victimă a unui accident pulmonar de decompresie, pare atins de un edem pulmonar acut sau de un infarct pulmonar. El este în stare de şoc, iar situația lui critică impune un tratament sever şi cât mai rapid.

Trebuie diferențiat în mod net accidentul pulmonar de decompresie de accidentul mecanic numit „suprapresiune pulmonară". Astfel, în cazul în care criza respiratorie este însoțită de scuipare de sânge, de pierderea cunoştinței şi de o paralizie generalizată, atunci nu avem de-a face cu un accident de decompresie, ci cu o „suprapresiune pulmonară".

Toate accidentele de decompresie descrise în acest paragraf au întotdeauna un caracter de urgență şi trebuie tratate în unități medicale specializate, sub supravegherea unor medici specialişti în medicina hiperbară.

O astfel de unitate specializată este Laboratorul Hiperbar de pe lângă Centrul de Scafandri Constanța.

În figura 6.4 sunt recapitulate accidentele de decompresie (benduri, vestibulare, neurologice, respiratorii), cu simptomele specifice.

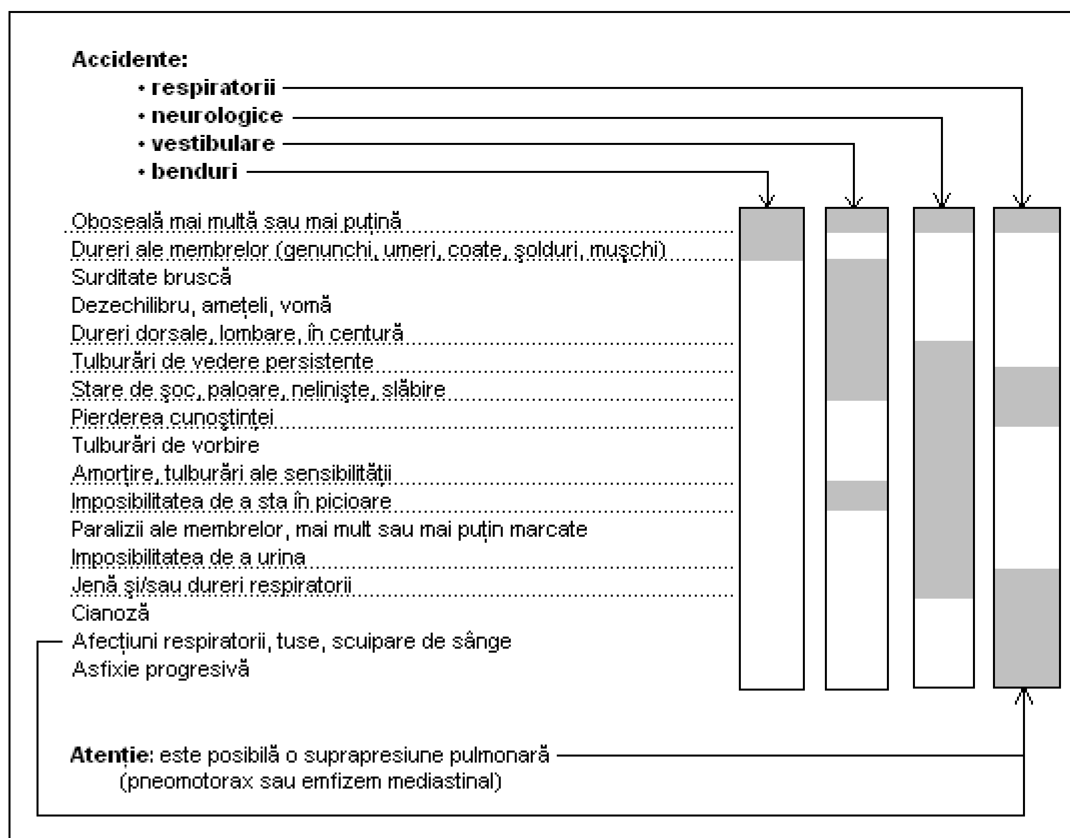


Fig. 6.4. Tabel recapitulativ cu simptomele accidentelor de decompresie

6.2.2. Prevenirea, profilaxia şi tratamentul accidentelor de decompresie

Scafandrul pătrunde într-un mediu ostil, echipat cu un aparat care nu are întotdeauna o funcţionare perfectă şi, în cazul unei pregătiri insuficiente, a unei adaptări la efort necorespunzătoare, necunoaşterii zonei de scufundare, cunoaşterii insuficiente a relaţiei om-mediu subacvatic, precum şi în cazul defectării accidentale a unei componente a aparatului de respirat sau a exploatării necorespunzătoare a acestuia, poate să apară necesitatea sau chiar obligativitatea unei reveniri la suprafaţă fără a ţine cont de programul de ridicare impus de tabelele de decompresie. În afară de aceste situaţii de forţă majoră, care obligă scafandrul la o ieşire în dificultate, nerespectarea regulilor de decompresie la urcarea către suprafaţă, se mai poate datora şi ignoranţei scafandrului ca urmare a slabei pregătiri teoretice şi practice, necunoaşterii profunde a problemelor de fizica şi fiziologia scufundării, precum şi neînsuşirii corespunzătoare a modului de utilizare corectă a tabelelor de decompresie.

Indiferent de cauza revenirii necontrolate la suprafaţă, fără respectarea tabelelor de decompresie, aceasta poate conduce la accidente de decompresie care trebuie tratate corespunzător.

Trebuie menţionat şi faptul că în cazuri excepţionale, întâlnite extrem de rar, pot apărea accidente de decompresie chiar şi atunci când scafandrul respectă întocmai programul impus de tabelele de decompresie. Aceste accidente excepţionale pot să apară datorită unor particularităţi ieşite din comun ale organismului unor scafandri, precum şi datoritş unor caracteristici fizice

deosebite ale mediului subacvatic în care se desfăşoară scufundarea.
Un bun scafandru trebuie să analizeze în detaliu viitoarea sa intervenție sub apă, atât ca activitate cât mai ales din punct de vedere al planificării fazelor de scufundare, funcție de timpul avut la dispoziție (v. capitolul 7). De asemenea, scafandrul trebuie să cunoască modul de prevenire a unui accident de decompresie, primele măsuri profilactice ce trebuie luate în cazul unei ieşiri în dificultate, chiar dacă nu sunt semne că accidentul s-a produs, sau să se lase recomprimat, în cazul apariției unui accident de decompresie, pentru a fi supus unui tratament adecvat.
Prin urmare, scafandrii trebuie să cunoască atât metodele de prevenire cât şi posibilitățile de profilaxie şi tratament aferente diferitelor accidente de decompresie.
Iată de ce, scafandrii vor trebui să considere accidentul de decompresie ca o „boală" care este posibil să apară la orice scufundare şi să fie pregătiți pentru a o preveni sau pentru a o trata corespunzător, ceea ce înseamnă:
- cunoaşterea regulilor de evitare a accidentelor de decompresie (*prevenire*);
- cunoaşterea posibilităților de evitare a apariției accidentelor de decompresie în cazul unei ieşiri în dificultate (*profilaxie*);
- cunoaşterea posibilităților de tratare a unui accident de decompresie declanşat (*tratament*).

6.2.2.1. Prevenirea accidentelor de decompresie

Bineînțeles că regula fundamentală necesară prevenirii apariției accidentelor de decompresie o reprezintă alegerea corespunzătoare a programului de decompresie şi respectarea cu rigurozitate a palierelor impuse de tabelul de decompresie în timpul ridicării la suprafață.
În cele ce urmează se vor prezenta şi alte câteva recomandări utile pentru reducerea la minimum a posibilităților de apariție a unor eventuale accidente de decompresie, recomandări ce se doresc aplicate în mod suplimentar, pe lângă aplicarea riguroasă a tabelului de decompresie:
- respectarea principiilor de igienă şi dietă recomandate de practica scufundării;
- analiza atentă ăi în detaliu a activității ce urmează a fi efectuată sub apă. Trebuie reflectat asupra particularităților misiunii, asupra evenimentelor mai mult sau mai puțin previzibile care pot să apară în timpul scufundării, precum şi asupra diferitelor aspecte privind tehnologia de scufundare;
- executarea unui repaus de 3 minute înainte de începerea decompresiei (ridicării către suprafață), însoțită de efectuarea câtorva respirații forțate (hiperpnee). Este dovedit faptul că o consecință importantă a efortului muscular o reprezintă favorizarea formării bulelor de azot în țesuturi;
- folosirea acelor tabele de decompresie care dau scafandrilor cea mai mare încredere. Dacă scafandrul este începător şi nu este obişnuit cu utilizarea altor tabele, se recomandă tabelele de decompresie din prezentul manual care sunt din cele mai bune. Se va evita folosirea tabelelor de decompresie elaborate de marina militară franceză, americană sau engleză, deoarece aceste tabele sunt ultraspecializate, adresate numai scafandrilor profesionişti testați şi urmăresc

obținerea unor randamente ale scufundării mai ridicate;
- funcție de posibilități, se va căuta prelungirea timpului de staționare la palierul de 6 m şi/sau 3 m cu 5 minute;
- atunci când scafandrul aflat în imersie simte apariția oboselii sau un început de „gâfâială“, va opri imediat lucrul şi îşi va regla ritmul respirator;
- pentru scufundări care nu necesită paliere de decompresie (scufundări sub curba de securitate), se recomandă totuşi executarea unui palier de 3 până la 5 minute la adâncimea de 3 m;
- respectarea vitezei de urcare de 15 m/min;

- după revenirea la suprafața apei (la presiunea atmosferică), se va evita orice efort fizic.

Prin respectarea tabelelor de decompresie şi prin aplicarea recomandărilor de mai sus, riscul de apariție a unui accident de decompresie este redus la minimum.

6.2.2.2. Profilaxia accidentelor de decompresie

Profilaxia se referă la situațiile în care, din diferite motive, scafandrul a revenit la suprafață (la presiunea atmosferică) după efectuarea unei decompresii mai rapide decât cea impusă de tabelul de decompresie. Astfel, profilaxia se referă la cazurile de ieşire a scafandrului în dificultate, la care revenirea la suprafață s-a realizat fie foarte rapid, cu o viteză de urcare superioară vitezei indicate, fie după o decompresie excesiv de rapidă, fie după o decompresie cu paliere scurtate.

În astfel de situații, se vor aplica nişte programe profilactice specifice situației respective, fără a mai aştepta apariția simptomelor caracteristice accidentelor de decompresie.

Programele profilactice, care pot fi aplicate fie în apă printr-o reimersare imediată, fie în barocamere monoloc sau multiloc (Fig. 6.5) printr-o recompresie imediată, trebuie începute cât mai repede posibil, în maximum 3 minute de la revenirea scafandrului la suprafață (la presiunea atmosferică).



Fig. 6.5. Interiorul unei barocamere multiloc pentru profilaxia şi tratamentul accidentelor de decompresie

Programele profilactice constau în reimersarea scafandrului în apă la o anumită adâncime sau în recomprimarea lui în barocameră la o presiune corespunzătoare adâncimii de reimersare, urmată de un program de decompresie specializat conform unor tabele profilactice.

Aceste programe nu trebuie cunoscute decât de scafandri profesionişti, de membrii echipei de asigurare a scufundărilor de la suprafață şi de operatorii de barocameră. Din acest motiv, în manual vor fi prezentate doar situațiile care impun profilaxie, fără a fi prezentate şi tabelele profilactice aferente. Pentru cei doritori să cunoască şi tabelele profilactice, acestea pot fi găsite în „Ghidul scafandrului autonom", apărut la Editura Olimp-Press în 1992 şi având ca autori pe A. Petru, M. Degeratu şi S. Ioniță.

În ceea ce priveşte programele de profilaxie în vederea evitării apariției unor accidente de decompresie, se disting mai multe situații (toate aceste situații se referă la scufundări cu aer, iar tabelele profilactice sunt de asemenea cu respirare de aer), după cu urmează:

• *Adâncimea de scufundare şi durata scufundării nu necesită paliere de decompresie (scufundare sub curba de securitate). Revenirea la suprafață (presiunea atmosferică) s-a realizat foarte rapid.*

În această situație scafandrul trebuie reimersat în apă sau recomprimat în barocameră la 30 m adâncime, după care se va executa o revenire la suprafață (la presiunea atmosferică) în 32 de minute conform unui tabel profilactic specializat. După o astfel de decompresie, scafandrul nu mai are drept de scufundare cel puțin 12 ore.

• *Adâncimea de scufundare şi durata scufundării au necesitat revenirea la suprafață (la presiunea atmosferică) cu paliere de decompresie. Adâncimea de scufundare nu a fost mai mare de 24 m. S-a executat o decompresie excesiv de rapidă.*

În această situație, scafandrul trebuie reimersat în apă sau recomprimat în barocameră la 12 m adâncime, după care se va executa o revenire la suprafață (la presiunea atmosferică) conform unui tabel profilactic specializat acestei situații. După executarea acestei decompresii, scafandrul trebuie observat în continuare şi i se recomandă să nu mai execute o altă scufundare cel puțin 12 ore.

• *Adâncimea de scufundare şi durata scufundării au necesitat revenirea la suprafață cu paliere de decompresie. Adâncimea de scufundare a fost cuprinsă între 25 m şi 42 m. S-a executat o decompresie excesiv de rapidă.*

În această situație, scafandrul trebuie reimersat în apă sau recomprimat în barocameră la 24 m adâncime, după care se va executa o revenire la suprafață (la presiunea atmosferică) conform unui tabel profilactic specializat. După executarea acestei decompresii scafandrul trebuie observat în continuare şi i se recomandă să nu mai execute o altă scufundare cel puțin 24 ore.

• *Adâncimea de scufundare şi durata scufundării au necesitat revenirea la suprafață cu paliere de decompresie. Adâncimea de scufundare a fost cuprinsă între 43 m şi 60 m. S-a executat o decompresie excesiv de rapidă.*

În această situație, scafandrul trebuie reimersat în apă sau recomprimat în barocameră la 30 m adâncime, după care se va executa o revenire la suprafață

(la presiunea atmosferică) conform unui tabel profilactic specializat.

• *Adâncimea de scufundare şi durata scufundării au necesitat revenirea la suprafață cu paliere de decompresie. Decompresia s-a executat cu paliere scurtate fie din lipsă de aer, fie din motive tehnice.*

În această situație, se disting două cazuri posibile:

- *revenire bruscă la suprafață, de la un palier mai mic de 6 m*.

În acest caz, scafandrul va fi reimersat în apă sau recomprimat în barocameră la 12 m adâncime, după care se va executa o decompresie conform unui tabel profilactic specializat.

- *revenire bruscă la suprafață, de la palierul de 6 m sau 3 m*.

În această situație, scafandrul va fi reimersat în apă sau recomprimat într-o barocameră la 9 m adâncime. Se staționează 10 minute şi apoi se revine la presiunea atmosferică cu următoarele paliere: la 6 m pe durata palierului ce trebuia efectuat multiplicată cu 1,5, sau minimum 10 minute pentru scufundarea ce nu necesită palier la 6 m, apoi la 3 m pe durata palierului ce trebuia efectuat multiplicată cu 1,5.

Atenție ! Programele profilactice vor fi organizate şi urmărite numai de către specialişti în domeniul scufundării profesionale. Deoarece programele profilactice trebuie aplicate imediat după ieşirea din apă, personalul de asistare a scufundării trebuie să pregătească din timp echipamentele şi instalațiile necesare.

6.2.2.3. Tratamentul accidentelor de decompresie

Tratamentul accidentelor de decompresie se referă la situațiile în care accidentele de decompresie s-au declanşat, iar scafandrul începe să resimtă simptomele caracteristice acestora.

Accidentele de decompresie sunt riscuri la care sunt expuşi toți scafandrii. Din acest motiv, cluburile sau societățile de scufundare trebuie să se preocupe de echiparea cu mijloace tehnice specializate şi de stabilirea unor programe specifice, necesare pentru intervențiile în caz de accident, ştiut fiind că eficacitatea măsurilor care se iau atunci când apare un accident este direct proporțională cu rapiditatea punerii lor în aplicare. Accidentele de decompresie se pot produce atât după o decompresie scurtată cât şi, mai rar, după o decompresie normală.

Tratamentul accidentelor de decompresie este în primul rând un tratament efectuat în barocameră. De aceea, dacă activitatea de scufundare se desfăşoară la adâncimi mai mari de 12 m, se recomandă prezența, în imediata apropiere a unei barocamere monoloc sau multiloc pregătită pentru o eventuală presurizare.

Pentru tratarea corespunzătoare a unui accident de decompresie este necesară stabilirea cât mai rapidă a tipului de accident precum şi a condițiilor în care s-a produs. Astfel, se poate stabili cu o bună precizie tipul de accident din tabelul 6.2, funcție de simptomele resimțite de scafandru (tipul B - benduri, tipul V - vestibulare, tipul N - neurologice). După aceea, se încadrează accidentul în una din cele două categorii privind condițiile în care s-a produs (după o decompresie scurtată sau după o decompresie normală). În acest fel, se va încadra accidentul în una din cele 6 situații de tratare rezultate:

• Accidente de decompresie apărute *după o decompresie scurtată:*

- accidente tip B (benduri);
- accidente tip V (vestibulare);
- accidente tip N (neurologice);

• Accidente de decompresie apărute *după o decompresie normală*:
- accidente tip B (benduri);
- accidente tip V (vestibulare);
- accidente tip N (neurologice).

Pentru fiecare din cele 6 situații de tratare a accidentelor de decompresie, există scheme şi tabele de tratament specifice.

Ca şi în cazul tabelelor profilactice şi în cazul programelor de tratament s-a considerat că acestea depăşesc cadrul acestui manual, motiv pentru care ele nu vor fi prezentate în această carte. Schemele şi tabelele de tratament trebuie cunoscute doar de specialiştii care se ocupă cu tratarea accidentelor de decompresie. Schemele şi tabelele de tratament pentru accidentele de decompresie pot fi găsite în „Ghidul scafandrului autonom" apărut la Editura Olimp-Press, în 1992 şi având ca autori pe A. Petru, M. Degeratu şi S. Ioniță.

6.3. Accidente biochimice (accidente toxice)

Accidentele biochimice sunt accidente datorate efectelor biochimice ale presiunii şi se referă la acțiunea diferitelor gaze asupra organismului scafandrului. Efectele acțiunii acestor gaze sunt funcție de presiunea parțială a fiecărui gaz din amestecul respirator, deci şi de presiunea totală (de adâncimea de scufundare) şi uneori sunt funcție şi de timpul de expunere la presiunea respectivă.

Pentru scafandrul respirând aer, care este un amestec de azot (79%) şi oxigen (21%), interesează accidentele datorate efectelor biochimice ale azotului (narcoza azotului), ale oxigenului (criza hiperoxică şi hipoxia) şi ale bioxidului de carbon (hipercapnia) (fig. 6.6 şi anexa 12).

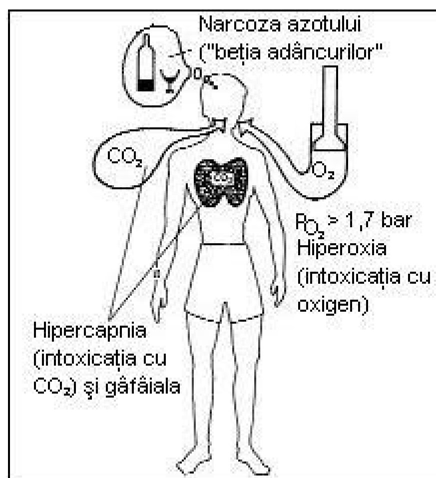


Fig. 6.6. Accidentele biochimice (toxice)

6.3.1. Narcoza azotului (beția adâncurilor)

Narcoza azotului, numită şi *beția adâncurilor*, poate apărea, la scafandrul care

respiră aer, încă de la adâncimea de 30 m şi, în mod practic, toți indivizii sunt atinşi de narcoză la adâncimea de 70 ... 80 m.

Efectele azotului asupra organismului nu sunt suficient de elucidate de către specialişti. Aceştia consideră că narcoza azotului este probabil similară cu efectele gazelor folosite la anestezie. Azotul poate avea un efect asemănător cu cel al oxidului de azot (gazului ilariant), dar ceva mai slab.

6.3.1.1. Simptomele narcozei azotului

Pentru scafandrul respirând aer, la adâncimea de 30 m, narcoza azotului îşi face deja simțită prezența afectând capacitatea de gândire şi de luare a deciziilor. La adâncimea de 50 m, narcoza azotului se manifestă şi prin apariția amețelii. Peste adâncimea de 58 m narcoza azotului se poate manifesta prin vertije, stare de euforie uneori însoțită de o impresie falsă de mărire a forței musculare, de pierderea din ce în ce mai accentuată a instinctului de conservare, urmată în cazuri grave de pierderea cunoştinței, scafandrul fiind expus celor mai grave pericole.

După cum s-a arătat în paragraful 3.2, pentru evitarea narcozei azotului, cercetările limitează superior presiunea parțială a azotului la p_{N_2} = 5,3 bar (sc. abs.) ceea ce corespunde unei adâncimi limită de 58 m. Această limită se referă însă la adâncimea de la care pot apărea efectele mai grave ale narcozei azotului.

Ținând cont de faptul că primele simptome ale narcozei, ceva mai slabe, apar chiar după adâncimi de 30 m, se recomandă scafandrilor autonomi, mai ales celor începători să nu depăşească adâncimea de 40 m, prin aceasta evitând apariția unor efecte grave ale narcozei azotului cu consecințe ce pot fi fatale.

6.3.1.2. Prevenirea şi tratarea narcozei azotului

Singura metodă de prevenire a narcozei azotului la scafandrul cu aer este aceea de a limita scufundarea la o adâncime la care presiunea parțială a azotului este mai mică decât valoarea limită. Astfel, scafandrii antrenați pot efectua scufundări până la maximum 58 m adâncime, în timp de scafandrii începători sau cu predispoziție mai ridicată la narcoză trebuie să-şi limiteze scufundările la 40 m adâncime.

Predispoziția la narcoza cu azot variază de la individ la individ, dar nimeni nu este imun. Există mai mulți factori care pot micşora rezistența la narcoza azotului, dintre aceştia fiind consumul de alcool, oboseala, excesul de bioxid de carbon acumulat în plămâni datorită unei respirații superficiale, lipsa de experiență şi nervozitatea. Oricare ar fi simptomele, ridicarea la o adâncime mai mică este metoda cea mai eficientă în tratarea narcozei cu azot. Urcarea către o adâncime mai mică va conduce la o diminuare a simptomelor sau chiar la dispariția totală a lor.

6.3.2. Criza hiperoxică (intoxicația cu oxigen)

Oxigenul respirat la o presiune parțială ridicată are un efect toxic asupra organismului. Toxicitatea oxigenului se manifestă la nivelul sistemului nervos central. Domeniul de presiuni parțiale ale oxigenului cuprins între 0,21 bar (sc.

abs.) şi 0,42 bar (sc. abs.) se consideră ca un domeniu normooxic. Se consideră hiperoxic un amestec la care presiunea parțială a oxigenului din amestec este mai mare de 0,42 bar (sc. abs.).

Hiperoxia poate fi cronică sau acută. *Hiperoxia cronică* se întâlneşte atunci când presiunea parțială a oxigenului din amestecul respirator este cuprinsă între 0,42 bar (sc. abs.) şi 1,7 bar (sc. abs.). *Hiperoxia acută* care se manifestă printr-o criză hiperoxică, se întâlneşte atunci când presiunea parțială a oxigenului din amestecul respirator este mai mare de 1,7 bar (sc. abs.). Dacă hiperoxia cronică este bine tolerată de către scafandri în cursul unor scufundări de scurtă durată, hiperoxia acută (criza hiperoxică) trebuie evitată deoarece poate avea consecințe grave.

Criza hiperoxică are manifestări asemănătoare crizei epileptice şi anume convulsii violente şi pierderea cunoştinței. Momentul declanşării crizei hiperoxice este variabil de la individ la individ şi depinde atât de presiunea parțială a oxigenului cât şi de timpul de expunere la presiunea respectivă.

După cum s-a arătat în paragraful 3.2, pentru preîntâmpinarea apariției crizei hiperoxice, scufundarea cu aer comprimat trebuie limitată la adâncimea de 70 m, adâncime la care presiunea parțială a oxigenului din aerul respirat este p_{O_2} = 1,7 bar (sc. abs.).

După cum se poate observa, la scafandrii autonomi respirând aer, nu poate apărea criza hiperoxică deoarece scufundarea cu aer este limitată la adâncimea de 58 m din condiția de evitare a narcozei cu azot.

Criza hiperoxică poate apărea la scafandri militari care respiră oxigen pur şi la scafandri profesionişti care respiră amestecuri supraoxigenate.

6.3.3. Hipercapnia şi hipoxia

Hipercapnia sau excesul de bioxid de carbon în sânge, caracterizează un ansamblu de efecte fiziopatologice datorate creşterii presiunii parțiale a bioxidului de carbon în amestecul respirator. Hipercapnia poate fi cronică dacă presiunea parțială a bioxidului de carbon p_{CO_2} este peste valoarea normală, dar sub 0,015 bar (sc. abs.) şi acută atunci când p_{CO_2} depăşeşte 0,015 bar (sc. abs.).

Hipercapnia cronică, care apare destul de des la scafandrii autonomi respirând aer, reprezintă mai degrabă o adaptare a organismului la condițiile respirării unui amestec gazos cu o participație ridicată de bioxid de carbon, în timp ce *hipercapnia acută* reprezintă un accident grav, acesta acționând asupra respirației, circulației şi sistemului nervos.

În cazul scafandrului autonom, orice modificări care apar în procesul respirației normale pot conduce la o creştere a nivelului de bioxid de carbon din amestecul gazos din plămâni şi implicit din sânge. Creşterea nivelului de bioxid de carbon cu efectele specifice hipercapniei, este resimțită mai ales atunci când scafandrul înoată sau când desfăşoară o activitate intensă sub apă. În aceste situații poate apărea senzația de „lipsă de aer" care vine de la centrul respirator ce răspunde la creşterea nivelului de bioxid de carbon. Aceasta poate conduce la scurtarea respirației, la accelerarea ritmului respirator (gâfâială) şi la oboseală. Aceste efecte ale hipercapniei pot duce la apariția panicii cu consecințe foarte grave. De aceea, atunci când scafandrul simte un anumit inconfort respirator,

nevoia inhalării unei cantități mai mari de aer şi oboseală, el trebuie să procedeze la oprirea înotului sau a activității pe care o desfăşoară, relaxându-se şi respirând profund.

Factorii care împiedică sau încetinesc schimbul normal de gaze la nivelul plămânilor (respirația superficială, respirația cu pauze, utilizarea unui aparat de respirat cu rezistențe gazodinamice mari etc.) conduc nu numai la o creştere a nivelului de bioxid de carbon, ci şi la o scădere a nivelului de oxigen din amestecul gazos din plămâni şi implicit din sânge şi celule.

Scăderea nivelului de oxigen din amestecul respirator poartă numele de *hipoxie*. Se spune despre un amestec respirator că este hipoxic dacă presiunea parțială a oxigenului din acest amestec, p_{O_2}, este mai mică de 0,17 bar (sc. abs.). Simptomele hipoxiei provin fie de la un echipament defect sau prost reglat, fie de la o respirație incorectă.

Atât excesul de bioxid de carbon cât şi hipoxia pot cauza o respirație grea, dureri de cap şi chiar pierderea cunoştinței. De asemenea, hipoxia poate cauza şi senzația de greață, iar excesul de bioxid de carbon poate conduce la crampe musculare şi oboseală. Pentru limitarea efectelor hipercapniei şi hipoxiei, scafandrul trebuie să efectueze o manevră respiratorie constând dintr-o serie de inspirații profunde şi expirații forțate în scopul ventilării cât mai bune a plămânilor. Această manevră poartă numele de hiperventilație controlată.

Trebuie menționat faptul că hipoxia, ca şi anoxia (lipsa de oxigen), deşi corelată uneori cu hipercapnia, nu face parte din categoria accidentelor toxice propriu-zise şi de aceea poate fi încadrată în mod riguros în categoria altor accidente de scufundare, aşa cum apare în figura 6.6.

6.4. Alte accidente legate de activitatea de scufundare

În acest paragraf se prezintă alte două tipuri de accidente care, deşi nu sunt specifice pătrunderii omului sub apă, pot apărea în timpul desfăşurării activității de scufundare. Astfel, s-a considerat ca fiind foarte importantă prezentarea a două accidente legate de activitatea de scufundare şi anume *hipotermia* şi *înecul* (Fig. 6.7 şi anexa 13).

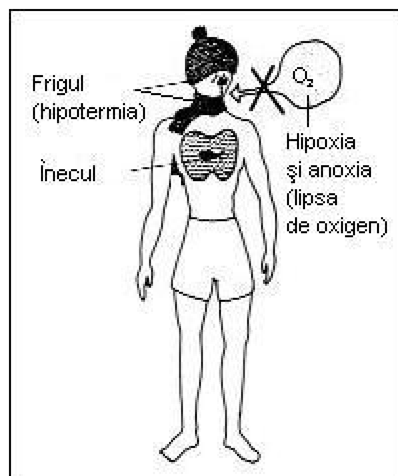


Fig. 6.7. Alte accidente de scufundare

6.4.1. Hipotermia

Aşa cum s-a arătat în paragraful 4.3, corpul uman aflat imersat în apă pierde căldură către mediul acvatic exterior. Capacitatea organismului uman de a furniza, prin procesele metabolice, căldura necesară acoperirii pierderilor de căldură către mediul acvatic exterior este limitată, astfel încât, funcție de temperatura apei, de activitatea desfăşurată de scafandru sub apă şi de calitățile costumului izoterm cu care este echipat, la un moment dat se ajunge la un dezechilibru termic cu consecințe grave pentru scafandru.

Corpul omenesc nu suferă un dezechilibru termic instantaneu. Astfel, unii scufundători spun că au înotat în apă rece şi au reuşit să se obişnuiască cu această situație. Această acomodare cu temperatura scăzută a apei se datorează unor schimbări care au loc în corpul scufundătorului şi care au drept consecință limitarea pierderilor de căldură către apă. Astfel, vasele mici de sânge de la nivelul pielii se contractă în mod automat atunci când corpul scufundătorului pătrunde în apă rece. Aceasta conduce la o reducere a cantității de sânge cald care circulă spre partea rece a corpului şi are ca rezultat diminuarea pierderilor de căldură dinspre piele către apă.

Dacă reducerea cantității de sânge care circulă către pielea scufundătorului nu reuşeşte să compenseze dezechilibrul termic şi dacă temperatura pielii scade sub o anumită valoare, atunci corpul începe să tremure. Acest tremurat cere un efort muscular care conduce la o creştere a căldurii în corp. În acest mod, corpul încearcă să producă o cantitate suplimentară de căldură care să contribuie la acoperirea pierderilor de căldură către mediul acvatic. Făcând o comparație între un scafandru foarte activ şi altul aflat în repaus, ambii echipați cu un acelaşi costum izoterm umed, scafandrul foarte activ îşi poate menține temperatura corpului şi starea de confort termic mult mai bine decât scafandrul aflat în repaus. Pierderile de căldură sunt aceleaşi pentru ambii scafandri, dar la scafandrul activ corpul produce destulă căldură pentru a compensa pierderile de căldură exterioare. Activitatea fizică intensă desfăşurată sub apă poate conduce la producerea în corp a unei cantități de căldură atât de mare încât un scafandru aflat în apă mai caldă de 30º C poate avea chiar probleme de „supraîncălzire“.

Pentru limitarea pierderilor de căldură dinspre corpul scafandrului către mediul acvatic exterior, scafandrul autonom trebuie să utilizeze un costum izoterm umed care are rolul de a reduce pierderile de căldură către apă.

Atunci când, datorită temperaturii scăzute a apei, pierderile de căldură către exterior sunt mari, apare un dezechilibru termic care conduce la dificultăți ale scafandrului în mânuirea echipamentului, la crampe musculare, la o diminuare a puterii şi la o scădere a abilității. Când temperatura apei este apropiată de punctul de îngheț, buzele scafandrului devin prea amorțite pentru a mai putea umple oral vesta de salvare, iar degetele de la mâini devin prea umflate pentru a mai putea acționa sistemul mecanic de umflare a vestei de salvare.

Atunci când corpul începe să tremure, scufundarea trebuie întreruptă, deoarece acest simptom indică faptul că temperatura superficială a corpului a scăzut. Când temperatura superficială a corpului scade până la aproximativ 35º C, apare hipotermia sistemică. Aceasta se manifestă printr-o respirație accelerată şi profundă şi printr-un tremurat viguros şi susținut. Dacă temperatura

corpului scade la aproape 32º C, apare o pierdere a simțului tactil, tremuratul scade în intensitate, muşchii devin rigizi, iar în final poate apărea pierderea cunoştinței. O scădere în continuare a temperaturii corpului poate pune în pericol viața scafandrului.

6.4.1.1. Primul ajutor în cazul hipotermiei

Un scafandru care suferă de hipotermie trebuie reîncălzit cât mai repede posibil. Reîncălzirea se va face prin intrarea scafandrului în apă fierbinte, operație preferată unui duş fierbinte sau exercițiilor fizice. Dacă nu există posibilitatea unei băi fierbinți, scafandrul se va aşeza în apropierea unui foc bine întreținut şi va bea lichide fierbinți. După aceea, scafandrul se va îmbrăca cu haine călduroase şi uscate şi va continua să facă exerciții fizice uşoare. Nu este recomandat să se bea alcool deoarece acesta conduce la accelerarea pierderilor de căldură din corp.

6.4.1.2. Prevenirea hipotermiei

Pentru prevenirea hipotermiei, scafandrul va trebui să măsoare temperatura apei încă dinainte de scufundare şi funcție de aceasta îşi va alege costumul de scufundare adecvat şi îşi va limita timpul de scufundare în mod corespunzător.

Atunci când apare un disconfort termic important sau tremuratul corpului, scafandrul va trebui să întrerupă imediat scufundarea.

6.4.2. Înecul

Necesitățile în oxigen ale organismului şi eliminarea bioxidului de carbon sunt asigurate prin aparatul respirator la nivelul căruia se fac schimburile gazoase şi de aparatul circulator care asigură fixarea şi transportul acestor substanțe. De aceea, oprirea respirației sau a circulației sanguine au pentru organism acelaşi efect şi anume lipsa de oxigen, indispensabil vieții.

Lipsa de oxigen a organismului poartă numele de asfixie, iar înecul este un caz particular de asfixie datorat pătrunderii apei în căile respiratorii.

6.4.2.1. Cauzele care pot provoca înecul

La un scafandru, cauzele care pot provoca înecul sunt următoarele:

- trecerea bruscă de la temperatura ambiantă la temperatura scăzută a apei, care poate crea o stare de şoc numită „hidrocuție";
- utilizarea greşită a tubului de respirat (cazuri rare) care poate provoca sincope la executarea unei expirații puternice pentru eliminarea apei din tub;
- creşterea spațiului mort de ventilație al plămânilor la scafandrii începători care folosesc un tub de respirat prea lung;
- apnea prelungită;
- narcoza cu azot;
- gâfâiala;
- căderea pe plex sau pe regiunea genitală după o săritură în apă de la înălțime mare;
- inhibiția prin panică emotivă;
- contraindicațiile pentru scufundare ascunse de către scafandru medicilor


Fig. 6.8. Resuscitarea cardio-pulmonară prin eliberarea căilor respiratorii, respiraţia "gură la gură" şi masajul cardiac extern

care confirmă aptitudinea: spasmofilie, traumatism cranian, epilepsie.

6.4.2.2. Primul ajutor în caz de înec

Deoarece omul nu poate trăi mai mult de câteva minute fără oxigen, înseamnă că rezultatul asfixiei prin înec este moartea, dacă nu se acordă un ajutor competent şi de urgenţă. Până la sosirea medicului, este foarte important ca scafandrii să fie capabili să acorde primul ajutor în caz de înec. Acordarea primului ajutor în caz de înec constă în efectuarea, cât mai rapidă, a următoarelor operaţiuni (Fig. 6.8):

- alarmarea echipei medicale de salvare;
- eliberarea căilor oro-faringiene;
- efectuarea respiraţiei artificiale;
- efectuarea masajului cardiac extern;
- oprirea unor eventuale hemoragii;

Funcţie de leziunile cerebrale ireversibile care se constituie rapid, timpul de intervenţie util nu trebuie să depăşească 3 minute.

În cele ce urmează se prezintă ceea ce trebuie făcut pentru a nu se agrava accidentul sau pentru a nu se întârzia acordarea primului ajutor:

- oprirea sângerării, dacă este cazul;
- interzicerea injecţiilor medicamentoase care, fie că nu servesc la nimic, fie că expun celulele nervoase la un risc suplimentar;
- interzicerea frecţionării corpului, din două motive: se pierde timp preţios şi se favorizează, la subiecţii inconştienţi, încălzirea creierului, riscându-se declanşarea reflexelor nocive care compromit reanimarea. Din contră, o răcire a corpului protejează temporar la deficitul de oxigen.

Frecţionarea se poate face numai asupra unui subiect conştient, căruia îi este frig, acoperindu-i cu un pled partea inferioară a corpului.

Metodele de respiraţie artificială pot fi metode manuale, precum şi metode de insuflare de aer aşa cum este metoda „gură la gură“. Nu trebuie utilizate numai metode manuale de respiraţie artificială (metoda Silvester, metoda Heimlich) deoarece acestea realizează doar o ventilaţie slabă a plămânilor cu aer (21% O_2) în volume cuprinse între 0,3 litri şi 1 litru. De accea, se recomandă utilizarea respiraţiei artificiale prin metoda „gură la gură“, care permite o mai bună ventilare volumică de 3 litri până la 5 litri cu amestec respirator caracterizat printr-o concentraţie a oxigenului de circa 16%.

Operaţiunile de executare a metodei de respiraţie artificială „gură la gură“ sunt următoarele (Fig. 6.8);

- victima va fi aşezată pe spate, eliberându-i-se căile oro-faringiene;
- se va da capul victimei cât se poate de mult pe spate pentru a elibera calea

aerului către plămâni. Această manevră va trebui însoţită de ridicarea cefei cu o mână şi împingerea frunţii către înainte cu palma celeilalte mâini până când gâtul este întins, permiţând un acces corespunzător al aerului.

Atenţie! Trebuie evitată orice mişcare a gâtului atunci când victima este suspectă de a avea lovituri la gât sau la coloana vertebrală;

- pentru a restabili respiraţia, se va plasa palma pe fruntea victimei astfel încât degetul mare şi cel arătător să penseze nasul. Aceasta împiedică aerul suflat pe gură să iasă pe nas. Presând cu palma pe frunte, se va menţine capul pe spate;
- se va deschide maxilarul inferior, nările fiind strânse cu două degete. Se inspiră adânc, deschizând larg gura şi apoi aşezând-o uşor peste gura victimei. Se suflă aer de circa 12 ... 15 ori pe minut.
- se va urmări ridicarea toracelui victimei, îndepărtând gura de victimă, menţinându-i gâtul întins şi maxilarul deschis. Aceasta este faza expiraţiei care este cauzată de relaxarea naturală a muşchilor pectorali care iniţial au fost întinşi;
- dacă expansiunea toracelui nu are loc sau aceasta este necorespunzătoare sau greu de obţinut, va trebui schimbată poziţia maxilarului şi a gâtului victimei. Se va curăţa gura de eventualele corpuri străine. După aceea se va relua efortul de a realiza expansiunea cavităţii toracice. Dacă are loc o eliminare de alimente sau de lichide pe gură, capul victimei va trebui înclinat într-o parte pentru a se permite drenajul şi pentru a preveni pătrunderea de materii străine pe căile de acces ale aerului;
- dacă, după ce a fost deschis maxilarul şi s-a curăţat cavitatea bucală, calea de acces a aerului rămâne totuşi blocată, victima va trebui întoarsă pe o parte şi lovită o dată sau de mai multe ori puternic cu podul palmei pe spate, între umeri. În timpul acestor operaţii va trebui avut grijă să se menţină libere căile de acces ale aerului. Apoi se reia respiraţia artificială prin metoda „gură la gură“.

Atunci când condiţiile nu permit efectuarea respiraţiei artificiale „gură la gură“, va trebui aplicată *respiraţia „gură la nas“*. În acest caz, maxilarul victimei va fi împins înainte plasându-se degetele sub bărbie şi astfel săltând maxilarul. Degetul mare şi degetul arătător pot fi folosite pentru a curăţa gura. Gura salvatorului acoperă nasul şi nările victimei, ritmul respiraţiei fiind acelaşi ca la respiraţia „gură la gură“.

În cazul în care, din diferite motive, metoda respiraţiei artificiale „gură la gură“ nu poate fi aplicată, se poate utiliza *metoda Silvester.*

Metoda Silvester va fi realizată în poziţie înclinată, cu capul în jos. Sub umerii scafandrului accidentat se va pune un pachet de haine rulate, pentru a-i aşeza capul în extensie. Se imobilizează braţele victimei prin prinderea lor de coate, procedeu care va permite salvatorului solitar de a câştiga timp când trece la masajul cardiac. Se vor executa mişcări ale braţelor victimei dinspre piept către lateral şi în sus până ajung de o parte şi de alta a corpului, în vederea destinderii toracelui şi aspirării de aer în plămâni, urmate de mişcări de readucere a braţelor la piept cu apăsarea pe torace în vederea expulzării aerului din plămâni, în ritm de 16 ... 18 respiraţii artificiale pe minut.

La aplicarea metodei Silvester se va proceda în felul următor:

- se va evacua înecatul şi se va aşeza pe un teren în pantă, utilizând pentru

transport orice mijloc. Dacă transportul se va face de către mai mulți salvatori, corpul victimei se va transporta cu fața în sus şi cu capul în extensie pe spate, nivelul capului şi al trunchiului fiind mai jos decât nivelul bazinului;

- transportul victimei se va efectua pe o distanță scurtă, rapid şi fără a neglija respirația „gură la gură".

Când scafandrul accidentat nu poate fi transportat şi terenul nu permite efectuarea procedeelor specifice manevrei Silvester, se recomandă realizarea reanimării prin *metoda Heimlich*. În acest caz, salvatorul plasat în spatele înecatului, îi va cuprinde talia cu mâinile, cu un pumn plasat la nivelul zonei epigastrice, cealată mână susținând pumnul (Fig. 6.9). Cu pumnul se apasă de 5 ... 8 ori, în mod brusc, cu o mişcare din față către spate şi de jos în sus.

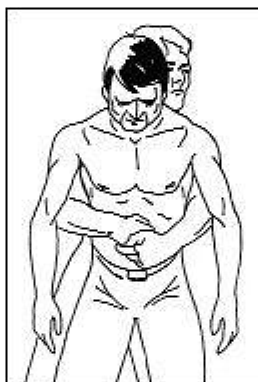


Fig. 6.9. Reanimarea prin metoda Heimlich

Atunci când înecul se produce departe de mal sau de vreo ambarcațiune şi dacă scufundarea a fost de scurtă durată, salvatorul va trebui să deflecteze capul accidentatului şi să aplice acestuia lovituri scurte cu latul palmei (ca la karate) pe coloana vertebrală. Această metodă este eficientă dacă se aplică în primele secunde după un „înec" de scurtă durată, la un subiect ridicat inconştient.

În anumite cazuri, se va începe respirația „gură la gură" încă din apă (Fig. 6.10). Dacă înecatul este un scafandru echipat, i se va trage capul pe spate, salvatorul se va plasa în spatele victimei şi îi va aplica direct respirația „gură la gură" sau va folosi pentru reanimare tubul de respirat, pensându-se nasul cu degetele.

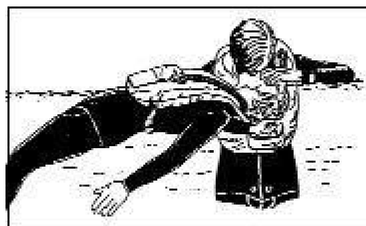


Fig. 6.10. Respirația "gură la gură" efectuată în apă

6.5. Accidentele scufundării libere (în apnee)

Accidentele de scufundare prezentate mai sus sunt accidente care pot să apară în timpul efectuării de scufundări autonome cu aer comprimat.

Fiecare scafandru autonom cu aparat de respirat sub apă cu circuit deschis trebuie să fie un bun scufundător în apnee. Şi în cazul scufundărilor libere (în apnee) pot surveni accidente. Dintre aceste accidente, o parte sunt accidente comune cu accidentele întâlnite în scufundarea cu aer comprimat: accidentele fizico-mecanice (barotraumatismele urechilor, sinusurilor şi dinților), accidentele biofizice (gâfâiala la suprafață şi hipercapnia), hipotermia şi înecul. Altă parte din accidentele scufundării libere sunt accidente specifice acestui tip de scufundare. Dintre acestea pot fi menționate: hipoxia şi sincopa de 7 m, surmenajul cardiac, edemul pulmonar acut etc.

În cazul scufundării libere pot să apară şi accidente de decompresie, dar mai rar, atunci când se efectuează scufundări în apnee la adâncimi mari şi repetate sau atunci când se efectuează scufundări libere după o scufundare cu butelie.

În anexa 14 sunt prezentate tipurile de accidente întâlnite în scufundarea liberă (în apnee) precum şi cauzele, simptomele, măsurile şi metodele de prevenire aferente acestor accidente.

6.6. Contraindicații pentru scufundare

Orice persoană care ştie să înoate poate învăța şi practica scufundarea, excepție făcând situațiile în care aceasta prezintă anumite contraindicații. Aptitudinea sau inaptitudinea, temporară sau definitivă, pot fi stabilite numai de un medic specialist în medicina scufundării.

În tabelul 6.3 se prezintă cele mai importante contraindicații definitive şi temporare de care trebuie să țină cont orice persoană care doreşte să învețe sau să practice scufundarea.

Pentru evitarea accidentelor de scufundare care pot fi generate de starea de sănătate necorespunzătoare, fiecare scafandru trebuie să efectueze, cel puțin o dată pe an, o vizită medicală generală, precum şi consultații specializate după fiecare eveniment care schimbă starea de sănătate.

Tabelul 6.3

Contraindicații pentru scufundare

Contraindicații definitive	Contraindicații temporare
• **Aparatul circulator sanguin:** - anomalie cardiacă congenitală sau acută; - angină pectorală; - infarct, flebită etc. • **Aparatul respirator:** - bronşită, pleurezie, tuberculoză, astm; - emfizem; - insuficiență respiratorie cronică etc; • **Sistemul nervos:** - tulburări psihiatrice; - epilepasie; - traumtism cranian ce antrenează pierderea cunoştinței; - spasmofilie, tetanie etc; • **Aparatul endocrin:** - diabet; • **Aparatul urinar:** - afecțiuni renale evolutive. • **ORL:** - perforare permanentă a timpanului; - intervenție chirurgicală pe ureche. • **Oftalmologie:** - ochi de sticlă gol în interior; - decolare de retină, orbire. • **Afecțiuni anatomice:** - proteză dentară completă; - amputări; - handicapuri motorii majore.	- plagă cu perioadă de cicatrizare importantă; - gripă, angină, bronşită, otită, sinuzită, rinită; - leziune a unui timpan; - polipi naso-sinuzali; - hipertensiune arterială; - tahicardie (> 100 bătăi/min); - bradicardie (< 40 bătăi/min); - infecție dentară; - ulcer, gastrită, colită, hepatită; - oboseală fizică sau psihică mare; - tratament medical,tranchilizante,drog,alcool; - rău de mare, insolație, friguri etc.

Partea a treia

PLANIFICAREA SCUFUNDĂRII. ACTIVITĂȚI SUBACVATICE

7. SCUFUNDAREA ÎN SIGURANȚĂ. PLANIFICAREA SCUFUNDĂRII

Scopul oricărei scufundări autonome este efectuarea de activități subacvatice cu maximă eficiență, în condiții de confort cât mai bun şi deplină siguranță. Pentru atingerea acestor deziderate, trebuie acordată o atenție deosebită pregătirii teoretice şi practice a scafandrilor, alegerii echipamentului de scufundare, evaluării condițiilor specifice zonei de scufundare, precum şi elaborării unui plan complet pentru orice scufundare, indiferent de gradul de dificultate al acesteia. Aceasta presupune deci, asigurarea unei logistici corespunzătoare pentru fiecare scufundare.

Uşurința cu care unele scufundări cu aer comprimat pot fi efectuate cu minim de antrenament în procedeele de bază, nu reduce pericolele scufundării. Din contră, această uşurință aparentă tinde să dezvolte la unii indivizi o încredere falsă în propria-i abilitate, care poate conduce la efectuarea unor scufundări însoțite de accidente cu urmări grave.

În acest sens, dobâdirea unor deprinderi corecte în scufundarea autonomă cu aer comprimat, bazate pe o bună cunoaştere a elementelor specifice de fizica şi fiziologia scufundării, sunt esențiale pentru evitarea pericolelor şi deci pentru efectuarea unor scufundări în condiții de maximă securitate.

Deprinderile corecte în scufundarea autonomă cu aer comprimat, sunt asigurate atunci când scafandrii folosesc în planificarea unei scufundări cunoştințe temeinice şi un raționament bun. Nu este nevoie ca planurile să fie elaborate în cele mai mici detalii sau să fie restrictive, dar ele trebuie totuşi să conțină elementele esențiale necesare asigurării unei scufundări eficiente şi în deplină siguranță.

Prezentul capitol îşi propune să prezinte, pe scurt, elementele esențiale care stau la baza asigurării unor scufundări autonome cu aer comprimat eficiente, confortabile şi fără periclitarea sănătății sau chiar a vieții scafandrului. Aceste elemente aferente planificării scufundării se referă la pregătirea fizică, psihică şi teoretică a scafandrului, la cunoştințele, abilitatea şi experiența dobândite de

acesta prin cursuri teoretice şi prin antrenament, la întocmirea planurilor de ajutor în caz de urgență, la alegerea şi cercetarea locului de scufundare, la evaluarea condițiilor atmosferice şi ale mediului acvatic şi la alegerea corespunzătoare a echipamentului de scufundare.

7.1. Condiția fizică şi psihică a scafandrului

În planificarea unei scufundări cu aer comprimat trebuie acordată o atenție deosebită capacității şi condiției fizice a scafandrului. Controlul condiției fizice a scafandrului trebuie să includă examinări medicale periodice pentru determinarea stării generale de sănătate, mai ales pentru scafandrii care depăşesc vârsta de 40 de ani.Verificarea condiției fizice trebuie efectuată de către un medic calificat, pentru a avea certitudinea că scufundările nu vor avea repercursiuni asupra sănătății scafandrului. Pentru scafandrii care nu aparțin unor organizații profesionale, verificarea periodică a condiției fizice reprezintă o problemă de conştiință individuală.

Înaintea oricărei scufundări, este recomandabil ca scafandrul să fi avut un somn adecvat şi să nu fi consumat băuturi alcoolice. Medicamentele, alcoolul şi fumatul au un efect negativ asupra capacității organismului de a funcționa corespunzător în condițiile mediului subacvatic, precum şi asupra abilităților scafandrului pe perioada scufundării.

Pentru menținerea condiției fizice la un nivel corespunzător şi pentru creşterea experienței scafandrului în condiții de scufundare, este bine ca scafandrii să efectueze în mod regulat antrenamente şi exerciții specifice care să includă, printre altele, înot cu şi fără labe şi vizor, scufundări libere în apnee, alergări etc.

O importanță la fel de mare ca cea pentru condiția fizică a scafandrului, trebuie acordată şi pentru condiția psihică a acestuia. Astfel, de la bun început, fiecare individ care vrea să facă scufundări trebuie să aibă o dorință sinceră de a efectua scufundări autonome şi trebuie să-şi fi demonstrat că dispune de o stabilitate emoțională. Printr-o condiție psihică corespunzătoare, scafandrul poate preîntâmpina apariția reacțiilor de panică care pot fi determinate de fenomenele naturale nefamiliare din mediul acvatic, de tăcuta lume subacvatică şi de singurătatea scafandrului pătruns în acest mediu.

Din păcate, nu pot fi aplicate metode specifice pentru determinarea obiectivă a condiției psihice şi a stabilității emoționale a individului la scufundarea autonomă şi deci, cu atât mai puțin, nu pot fi aplicate reguli speciale care să contribuie la consolidarea condiției psihice a scafandrului. Totuşi, antrenamentele specifice, cunoştințele teoretice şi experiența dobândită au un aport pozitiv la creşterea condiției psihice a scafandrului.

Cele mai multe situații dificile care pot apărea în timpul scufundărilor autonome, pot fi trecute cu succes prin anumite acțiuni pozitive. Astfel, condiția fizică şi psihică corespunzătoare oferă cea mai bună asigurare privind capacitatea unui scafandru de a ieşi dintr-o situație apărută în timpul scufundării.

7.2. Cunoştințele despre scufundare. Abilitatea şi experiența

Nivelul cunoştințelor scafandrului despre scufundare, abilitatea şi experiența acestuia în efectuarea diverselor programe de scufundare, sunt esențiale în

planificarea unei scufundări autonome cu aer comprimat. Aceşti factori impun stabilirea unor limite clare, corespunzătoare nivelului de cunoştinţe, antrenament şi pricepere ale scafandrului. Astfel, atunci când se planifică o scufundare autonomă cu aer comprimat, scafandrul trebuie să ia în consideraţie aceşti factori şi să-şi stabilească, cât mai obiectiv şi cât mai corect, limitele proprii, astfel încât să existe o corespondenţă cât mai corectă între limitele scafandrului şi gradul de dificultate al scufundării planificate.

În acest sens, cluburile şi celelalte organizaţii cu profil de scufundare vor trebui să stabilească o clasificare a scafandrilor pe baza cunoştinţelor, experienţei şi abilităţii lor în domeniul pătrunderii sub apă.

Există mai multe clasificări ale scafandrilor funcţie de aceşti factori, unele fiind chiar cu valabilitate internaţională, hotărâte pe baza unor convenţii. În cele ce urmează, se va prezenta o astfel de clasificare, aceasta având doar un caracter orientativ:

• *scafandru începător (Nivel 1),* care are cunoştinţe limitate despre scufundare, posedă o slabă abilitate sub apă şi este nefamiliarizat cu aparatul autonom de respirat sub apă cu aer comprimat. Acesta trebuie să-şi înceapă activitatea practică în bazin şi în apă deschisă, sub controlul atent al unui instructor competent (Fig. 7.1);



Fig. 7.1. Scafandru începător supravegheat de instructor

• *scafandru avansat (Nivel 2 şi Nivel 3)*, care şi-a însuşit cunoştinţele teoretice de bază privind scufundarea, a arătat suficientă abilitate sub apă şi s-a familiarizat cu folosirea echipamentului aferent scufundărilor autonome cu aer comprimat. Experienţa lui în scufundările cu aer comprimat este încă insuficientă şi, prin urmare, acesta trebuie să-şi limiteze scufundările la condiţii de mediu acvatic sigure şi să efectueze antrenamente în ape deschise sub supravegherea unor scafandri sau instructori experimentaţi;

• *scafandru emerit (Nivel 4)*, care are cunoştinţe impecabile de teoria scufundării, o abilitate foarte bună în mediul subacvatic şi o vastă experienţă în scufundări autonome cu aer comprimat în ape deschise în diferite scopuri, tipuri şi activităţi de scufundare. În plus, în cadrul efectuării de scufundări în echipă, scafandrul emerit trebuie să preia controlul şi asupra scafandrilor cu cunoştinţe, abilitate şi experienţă mai reduse, planificând şi conducând scufundarea în mod corespunzător.

În tabelul 7.1 se prezintă câteva clasificări ale scafandrilor funcţie de nivelul de pregătire a acestora, precum şi corespondenţele care există între aceste

clasificări.

Tabelul 7.1

Clasificări ale scafandrilor funcţie de nivelul de pregătire

Nivelul prerogativelor scafandrilor	**Brevete** F.F.E.S.S.M. şi F.S.G.T.	**Brevete** N.A.U.I., P.A.D.I., S.S.I., Y.M.C.A.	**Brevete** C.M.A.S.
Nivelul 1 Nivelul 2 Nivelul 3 Nivelul 4	Elementar Eşalon 1 Scafandru autonom Eşalon 2	Scafandru începător Scafandru avansat 1 Scafandru avansat 2 Scafandru emerit	Scafandru 1 stea Scafandru 2 stele Scafandru 3 stele Scafandru 3 stele*

F.F.E.S.S.M. - Fédération Française d'Études et des Sport Sous-Marins
F.S.G.T. - Fédération Sportive et Gymnique du Travail
N.A.U.I. - National Association of Underwater Instructors
P.A.D.I. - Professional Association of Diving Instructors
S.S.I. - Scuba Schools International
Y.M.C.A. - Young Men's Christian Association
C.M.A.S. - Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques

*În măsura în care, în unele ţări există şi brevete C.M.A.S. 4 stele, se poate considera că scafandrii de nivelul 4 îl pot obţine prin echvalenţă.

7.3. Alimentația scafandrului

Un alt factor important în pregătirea unei scufundări îl reprezintă alimentația. Astfel, anumite alimente care conțin multe găsimi şi uleiuri, cum ar fi slănina, salamul, pizza, reduc proprietatea sângelui de a transfera oxigen către muşchi şi creier. Deficitul de oxigen poate produce crampe musculare, slăbirea vederii sub apă şi chiar atacuri de cord.

Pe de altă parte, se recomandă alimente uşor digerabile şi producătoare de energie (alimente hidrocarbonate) cum ar fi legumele, fructele, mierea, produsele de panificație, brânza topită, ouăle fierte, ciocolata, alunele şi laptele concentrat. Trebuie însă evitat consumul de lichide carbogazoase.

În noaptea premergătoare scufundării şi în ziua scufundării, vor trebui evitate supraalimentația şi consumul de alimente care produc gaze.

7.4. Planul de ajutor în caz de urgență

Pregătirea şi aplicarea, atunci când este nevoie, a unui plan de ajutor în caz de urgență, impune ca unul dintre scafandri, totdeauna cel mai experimentat, să dețină controlul complet asupra scufundării şi asupra echipei de scafandri. Această operațiune de comandă trebuie efectuată fie de pe ambarcațiune, fie de pe un alt suport aflat la suprațața apei, iar scafandrul care dirijează scufundarea trebuie să fie echipat şi pregătit în permanență pentru a acorda ajutor celorlalți scafandri din echipă, atunci când apare o situație de urgență. Instrucțiunile scafandrului şef trebuie să fie clare, concise, ele urmând a fi respectate de membrii întregii echipe de scafandri înaintea, în timpul şi după terminarea scufundării, dar mai ales în cazul apariției unei urgențe.

În afara altor responsabilități, scafandrul şef trebuie să cunoască foarte bine sursele şi natura potențialelor pericole naturale şi umane din zona locului de scufundare şi să atenționeze toți scafandri echipei de scufundare în legătură cu acestea. De asemenea, acesta trebuie să cunoască locul unde se află şi numerele de telefon ale acelor instituții care pot acorda ajutor în caz de urgență: poliția, policlinicile, dispensarele, spitalele din zonă, dar mai ales cea mai apropiată barocameră de recompresie-decompresie din zonă.

De asemenea, cel puţin un membru al echipei de scafandri trebuie să cunoască foarte bine folosirea tehnicilor de respiraţie artificială şi de prim ajutor. Trusa de prim ajutor trebuie să fie, în permanenţă, la îndemâna echipei de scafandri.

Accidentele de scufundare sunt arareori doar simple întâmplări. Ele sunt cauzate de cunoştinţe incomplete, de lipsă de abilitate, de lipsă de experienţă în planificare, precum şi de lipsa pregătirii. Cele mai multe situaţii care pot cauza accidente pot fi anticipate şi prin aceasta pot fi luate măsuri corespunzătoare în faza de planificare a scufundării. Planificarea corectă a scufundării şi pregătirea corespunzătoare a scafandrului şef, pot preveni în mod eficace, transformarea într-un accident a unei situaţii dificile care poate să apară în timpul scufundării. Astfel, poate fi considerată ca o gravă neglijenţă de planificare a scufundării, situaţia în care scafandrul de supraveghere (şeful de scufundare) nu are o bună pregătire fizică şi psihică, sau nu este echipat corespunzător, gata de a interveni în caz de necesitate.

Situaţiile de urgenţă care pot apărea la un scafandru sunt mai uşor de evitat prin participarea atentă, chiar afectivă şi prin ajutorul calificat al celorlalţi scafandri care formează echipa de scufundare. Astfel, un început de panică la un scafandru poate fi uşor oprit prin simpla strângere de braţ de către alt scafandru din echipă, ca semn de încurajare. Pentru un scafandru aflat complet în panică nu se recomandă apropierea unui alt membru al echipei de scufundători de acesta. Se urmăreşte liniştirea scafandrului aflat în panică, întreaga echipă de scufundare fiind pregătită pentru salvare.



Fig. 7.2. Acordarea primului ajutor pe malul apei

Pentru un scafandru care şi-a pierdut cunoştinţa, este obligatoriu ca scafandrul care intervine pentru salvarea acestuia să posede cunoştinţele şi îndemânarea necesare aplicării unor programe specifice de salvare, reanimare şi tratament. În acest scop, s-au dezvoltat tehnici pentru salvarea scafandrului echipat, pentru

efectuarea respiraţiei „gură la gură“ la suprafaţa apei şi pentru acordarea primului ajutor pe malul apei (Fig. 7.2), tehnici care trebuie cunoscute şi practicate de către scafandri (v. paragraful 6.4.2.2).

Planul specific de intervenţie în caz de accident, în timpul scufundării autonome, face parte din planul general de asistenţă. După salvarea şi acordarea primului ajutor scafandrului accidentat, unul dintre scafandri, aparţinând echipei de scufundare, va trebui să însoţească scafandrul accidentat la medic pentru a-i descrie acestuia particularităţile accidentului.

Atunci când medicul nu este specialist în probleme specifice scufundării, se recomandă ca scafandrul însoţitor să cunoască tratamentele adecvate aferente diverselor accidente care pot apărea la o scufundare autonomă cu aer comprimat şi să-şi pună la dipoziţia medicului cunoştinţele sale în acest domeniu. Aceste precizări sunt necesare deoarece au existat cazuri de accidente de scufundare tratate incorect pentru că personalul medical fie că nu a luat cunoştinţă de cauza accidentului, fie că nu a aplicat tratamentul corect.

Resuscitarea cardio-pulmonară nu necesită echipament special şi poate fi aplicată imediat, iar administrarea de oxigen, în cazul apariţiei hipoxiei sau a unui accident de decompresie, la un scafandru accidentat dar care respiră, va îmbunătăţi considerabil efectele tratamentului de prim ajutor.

7.5. Scopul scufundării. Alegerea şi cercetarea locului scufundării

Stabilirea unui scop bine definit al scufundării, oferă tuturor scafandrilor din echipa de scufundare posibilitatea unei coordonări eficiente a activităților desfăşurate. Activitățile subacvatice pot fi diverse, începând cu simpla contemplare a peisajului submarin, continuând cu fotografierea şi filmarea şi încheind cu diferitele activități ce presupun lucrul sub apă.

O dată stabilit scopul scufundării, echipa de scafandri poate trece la alegerea şi cercetarea locului unde va avea loc scufundarea. Locul scufundării trebuie să fie în concordanță cu scopul acesteia. De aceea, se recomandă alegerea şi a unui al doilea loc de scufundare, care să poată fi folosit atunci când, datorită unor modificări ce pot apărea, primul loc de scufundare nu mai poate fi vizitat.



Fig. 7.3. Cercetarea locului de scufundare

După alegerea locului de scufundare, se va trece la cercetarea acestuia (Fig. 7.3). În general, cercetarea locului de scufundare cuprinde activități care să permită acumularea de informații privind: potențialele pericole care ar putea amenința scafandrii, valurile din zonă, curenții marini de la locul scufundării,

relieful subacvatic, transparenţa apei, flora şi fauna subacvatică. Cea mai eficientă metodă de cercetare o reprezintă efectuarea unei scurte vizite la locul de scufundare. Dacă acest lucru nu este posibil, se pot obţine informaţii din diferitele materiale informative asupra zonei respective, cum ar fi ghiduri şi cărţi care oferă o descriere generală a zonei în care se intenţionează să se efectueze scufundarea.

7.6. Alegerea echipamentului de scufundare

În planificarea unei scufundări autonome cu aer comprimat, scafandrii care compun echipa de scufundare trebuie să studieze cu multă grijă factorii cu rol esenţial în efectuarea scufundării în condiţii de securitate. Aceşti factori cu rol esenţial includ fiabilitatea echipamentului de scufundare, funcţionarea corespunzătoare a elementelor mecanice de siguranţă, îngrijirea şi păstrarea corectă a echipamentului.

Dintre factorii cu rol esenţial în realizarea de scufundări autonome cu aer comprimat, în deplină siguranţă, factorul determinant îl reprezintă funcţionarea corespunzătoare a echipamentului.

Atunci când se foloseşte un echipament de scufundare nou sau un echipament cu care scafandrul nu este familiarizat, se recomandă efectuarea unei verificări minuţioase a acestuia şi a unei testări complete şi riguroase a echipamentului prin câteva scufundări de probă într-un loc sigur.

Se recomandă întocmirea şi folosirea unei liste cu piesele de echipament care trebuie să compună echipamentul de scufundare funcţie de locul şi scopul scufundării. Spre exemplu, lista cu piese de echipament pentru o scufundare în mare va fi diferită de lista de echipament pentru o scufundare sub gheaţă.

7.7. Evaluarea condiţiilor atmosferice şi ale mediului acvatic

Este evident că, pentru efectuarea unor scufundări sigure şi eficiente, este necesară şi o evaluare cât mai corectă a condiţiilor atmosferice şi a condiţiilor oferite de mediul acvatic în zona stabilită pentru scufundare.

Evaluarea condiţiilor atmosferice trebuie făcută în timp util pentru a crea posibilitatea alegerii unui loc de scufundare alternativ. Această evaluare se face prin culegerea de informaţii privind parametrii meteorologici care caracterizează starea vremii la locul de scufundare, cu câteva zile înainte de data stabilită pentru efectuarea scufundării. Aceste informaţii meteorologice pot fi obţinute de la programele meteo TV şi radio, cât şi de la staţiile meteo şi institutele de specialitate.

În ziua scufundării şi la locul de scufundare trebuie determinate şi condiţiile oferite de mediul acvatic: transparenţa, valurile, curenţii, temperatura etc. O bună transparenţă a apei este indicată de o culoare albastră a acesteia. Culoarea cenuşie sau verzuie indică o transparenţă redusă, adică o turbiditate crescută. Creşterea turbidităţii apei poate fi cauzată de prezenţa planctonului sau de existenţa valurilor care agită materialul aflat pe fundul apei antrenându-l sub formă de suspensii. Transparenţa apei se poate determina cu discul Sechi.

Curenţii şi valurile trebuie luate serios în considerare înaintea începerii unei scufundări, deoarece pot cauza o scufundare obositoare şi pot conduce la situaţii

primejdioase.

Vântul poate provoca schimbări de caracteristici ale mediului acvatic în stratul de suprafaţă şi valuri. Astfel, în zona litoralului românesc al Mării Negre, un vânt persistent din Sud-Est va conduce la răcirea apei din apropierea ţărmului, iar un vânt persistent din Nord-Est va produce o încălzire a apei în apropierea ţărmului. Aceste fenomene au la bază faptul că în Marea Neagră există o stratificare termică pe verticală, caracterizată printr-un salt termic, de la stratul cald de suprafaţă la stratul rece, situat la o adâncime ce se modifică funcţie de direcţia vântului. Atunci când sub acţiunea vântului de Nord-Est are loc o încălzire a apei, se crează condiţiile dezvoltării planctonului care formează o masă aflată în suspensie şi care măreşte considerabil turbiditatea apei, reducând vizibilitatea.

În general, condiţiile favorabile unei bune scufundări constau din valuri mici, având un interval între ele suficient de mare pentru a permite o intrare comodă în apă, turbiditate redusă şi curenţi slabi.

7.8. Stabilirea autonomiei de scufundare

Planificarea judicioasă a unei scufundări în condiţii de deplină securitate, presupune şi calculul autonomiei de scufundare de care dispune scafandrul autonom echipat cu aparat de respirat sub apă cu aer comprimat (Fig. 7.4).



Fig. 7.4. Calcularea autonomiei de scufundare

Cunoscând, prin calcul, timpul de autonomie de care dispune, scafandrul poate să stabilească destul de exact timpul pe care îl va petrece la adâncimea de lucru astfel încât să-i rămână în butelia de stocaj a aerului comprimat, suficient aer care să-i permită ieşirea lentă la suprafaţă, atunci când scufundarea s-a efectuat sub curba de securitate, sau să-i permită efectuarea eventualelor paliere de decompresie, conform tabelelor de decompresie utilizate. În plus, la ieşirea din apă, în butelie trebuie să mai rămână aer la o presiune de circa p_E = 30 bar (sc. man.), adică cu puţin mai mult decât presiunea la care este reglată funcţionarea sistemului de rezervă şi care este cuprinsă între 20 bar (sc. man.) şi 30 bar (sc. man.).

Fiind dat un anume stocaj de aer, înmagazinat în buteliile aparatului de respirat sub apă, timpul de autonomie, t_A, şi durata scufundării t_S, depind de adâncimea de scufundare h_L, de consumul de aer Q_S şi de cantitatea de aer cu care scafandrul trebuie să se întoarcă la suprafaţă.

Cantitatea de aer stocată în butelii se calculează la condiţii normale (la

presiunea atmosferică şi la temperatura de 20ºC, adică la condițiile de la suprafața apei), funcție de *volumul buteliei* V şi de presiunea aflată în butelii la momentul începerii scufundării (p_I), care în mod obişnuit este presiunea la care s-au încărcat buteliile.

Timpul de autonomie, t_A, este timpul pe care îl are la dispoziție scafandrul autonom cu aer comprimat de a-şi desfăşura întreaga activitate sub apă şi acesta trebuie să fie cel puțin egal cu timpul total al scufundării t_T.

Timpul total al scufundării t_T este alcătuit din trei intervale de timp şi anume:

- *timpul de coborâre la adâncimea de scufundare dorită* (t_C);
- *timpul petrecut la adâncimea de lucru,* h_L, dorită (t_L);
- *timpul total de urcare la suprafață* (de decompresie), notat cu t_U.

Timpul de coborâre, t_C, împreună cu timpul petrecut la adâncimea de lucru, t_L, formează *durata scufundării* t_S. Durata scufundării, t_S, împreună cu timpul total de urcare la suprafață, t_U, formează *timpul total de scufundare*, t_T. La rândul lui, timpul total de urcare, t_U, este format din *timpul de ridicare*, t_R şi *timpul petrecut la paliere*, t_P.

Adâncimea de lucru, h_L, este adâncimea maximă atinsă de scafandru în timpul scufundării, adâncime la care şi-a propus să desfăşore o anumită activitate.

Trebuie făcută o diferență între adâncimea de lucru, h_L, care reprezintă adâncimea maximă atinsă efectiv de scafandru şi *adâncimea scufundării*, h_S, care este o adâncime de calcul (de tabel) şi care reprezintă adâncimea maximă atinsă în timpul scufundării, rotunjită la multiplu de trei, imediat superior. Evident, există posibilitatea ca adâncimea de lucru, h_L,să coincidă cu adâncimea scufundării, h_S.

Consumul de aer este reprezentat prin aerul inspirat de către scafandru din aparatul autonom de scufundare cu circuit deschis. Din cantitatea de aer inspirată de scafandru, o mică parte furnizează oxigenul necesar proceselor metabolice, iar cea mai mare parte este evacuată, prin expirație, către mediul acvatic exterior.

Consumul de aer la un scafandru autonom este funcție de nivelul de activitate desfăşurată sub apă (uşoară, medie, grea) şi de adâncimea la care respiră. În tabelul 7.2 se prezintă consumul de aer la suprafață, exprimat în condiții normale (la presiunea atmosferică şi la temperatura de 20ºC), pentru un scafandru, funcție de nivelul de activitate desfăşurată.

Tabelul 7.2

Consumul de aer la suprafață pentru un scafandru,
funcție de nivelul de activitate subacvatică

Debit de aer consumat la suprafaţă Q_S (l/min)		
Repaus	**Activitate moderată**	**Activitate intensă**
25	25 ... 40	40 ... 70

Cantitatea de aer din buteliile de stocaj, cu care scafandrul ar trebui să se întoarcă la suprafață, este ceva mai mare decât cantitatea de aer care trebuie să rămână în butelii în momentul unei eventuale acționări a sistemului de rezervă. Ea este o valoare de calcul şi trebuie astfel stabilită încât scafandrul să dispună de o cantitate de aer de rezervă pentru cazul în care nu şi-a calculat corespunzător timpul de şedere sub apă, precum şi de o cantitate de aer necesară la efectuarea unor eventuale manevre, cum ar fi umflarea vestei de salvare, a unui balon subacvatic etc. În mod global, această cantitate de aer cu care scafandrul ar trebui să revină la suprafață, se traduce printr-o presiune a aerului stocat în butelii, la revenirea la suprafață, p_E = 20 ... 30 bar (sc. man.).

Pentru evitarea unor eventuale accidente care ar putea apărea din cauza rezervei limitate de aer, scafandrul trebuie să calculeze înaintea fiecărei scufundări timpul de autonomie, t_A, de care dispune, precum şi timpul total de scufundare, t_T.

Calculul timpului total de scufundare, t_T, presupune calculul componentelor acestuia şi anume: durata scufundării, t_S, timpul de ridicare către suprafață, t_R şi, dacă este cazul, timpul petrecut la palierele de decompresie care reprezintă o sumă a timpilor petrecuți la fiecare palier (t_{P1} + t_{P2} + ...), timpi rezultați din tabelele de decompresie.

În final, trebuie făcută verificarea constând din compararea timpului total de scufundare, t_T, cu timpul de autonomie, t_A. Timpul total de scufundare, t_T, trebuie să fie mai mic, cel mult egal cu timpul de autonomie, t_A ($t_T \leq t_A$), astfel încât scufundarea să fie posibilă la parametrii doriți. Dacă această condiție nu este satisfăcută, se vor modifica (reduce) parametrii scufundării (adâncimea şi /sau durata de scufundare), ceea ce va implica şi o modificare (reducere) a timpului de ridicare, t_R şi a eventualilor timpi de palier (t_{P1}, t_{P2}, ...) până când va fi îndeplinită condiția:

$$t_T \leq t_A \qquad (7\text{-}1)$$

sau

$$t_S + t_R + (t_{P1} + t_{P2} + ...) \leq t_A \qquad (7\text{-}2)$$

În continuare vor fi prezentate relațiile de calcul care vor fi utilizate, semnificația mărimilor care intervin în aceste relații şi unitățile de măsură corespunzătoare.

a) Calculul timpului de autonomie, t_A**:**

$$t_A = \frac{10 \cdot (p_I - p_E) \cdot V}{(h_L + 10) \cdot Q_S} \quad (7\text{-}3)$$

unde:

t_A este timpul de autonomie pe care îl are la dispoziție un scafandru echipat cu un aparat autonom prevăzut cu butelii de stocaj de volum V, conținând aer la presiunea p_i, în ipoteza că scafandrul coboară la adâncimea de lucru h_L unde desfăşoară o activitate care conduce la un consum de aer Q_S, iar atunci când revine la suprafață, în butelie să mai existe aer la presiunea p_E; $<t_A>$ = min.;

p_I - *presiunea aerului din butelii în momentul intrării scafandrului în apă* (poate fi presiunea de încărcare a buteliilor); această presiune poate fi măsurată cu manometrul de control sau cu manometrul de butelie înaintea sau în momentul începerii scufundării; $<p_I>$ = bar (sc. man.);

p_E - *presiunea aerului din butelii în momentul ieşirii scafandrului din apă;* această presiune poate fi măsurată cu manometrul de control sau cu manometrul de butelie după terminarea scufundării; $<p_E>$ = bar (sc. man.);

V - volumul buteliei sau a buteliilor de stocare a aerului comprimat; $<V>$ = l;

h_L - adâncimea de lucru (adâncimea maximă atinsă de scafandru în timpul lucrului sub apă); această adâncime este impusă inițial de scafandru; uneori poate fi modificată (redusă) pentru a putea respecta condițiile (7-1) sau (7-2); $<h_L>$ = m;

Q_S - *debitul de aer consumat de scafandru la suprafață,* exprimat în condiții normale (presiune atmosferică şi temperatură de 20ºC); acest debit este funcție de nivelul de activitate depusă sub apă (înotul intră în categoria de activitate intensă) şi se alege din tabelul 7.2; $<Q_S>$ = l/min.

b) Calculul timpului total de scufundare, t_T:

$$t_T = t_S + t_R + (t_{P1} + t_{P2} + ...) \quad (7\text{-}4)$$

unde:

t_T este timpul total de scufundare care reprezintă timpul scurs, din momentul intrării scafandrului în apă până în momentul ieşirii acestuia din apă la terminarea scufundării; $<t_T>$ = min.;

t_S - durata scufundării ce reprezintă intervalul de timp cuprins între momentul începerii scufundării (intrarea în apă) şi momentul începerii ridicării de la adâncimea de lucru către suprafață sau către primul palier de decompresie; timpul de coborâre, t_C face parte integrantă din durata scufundării; $<t_S>$ = min.;

t_R - timpul de ridicare de la adâncimea de scufundare, h_S, la adâncimea primului palier, h_{P1}; în acest interval de timp nu sunt cuprinşi timpii petrecuți de scafandru la eventualele paliere de decompresie; $<t_R>$ = min.; timpul de ridicare se calculează cu relația

$$t_R = \frac{h_S - h_{P1}}{V_R} \quad (7\text{-}5)$$

atunci când sunt necesare paliere, sau cu relația

$$t_R = \frac{h_S}{v_R} \qquad (7\text{-}6)$$

atunci când ridicarea se face fără paliere, unde:

v_R este *viteza de ridicare către suprafață*, recomandată pentru fiecare tabel de decompresie în parte (ex.: pentru tabelul LH-82, se recomandă o viteză de ridicare de 15 m/min.);

h_S este adâncimea de scufundare (h_L rotunjit la multiplu de trei, imediat superior, valoare existentă în prima coloană a tabelelor de decompresie LH-82, BÜ-700 şi BÜ-1 500);

($t_{P1} + t_{P2} + ...$) reprezintă s*uma timpilor petrecuți de scafandru la palierele P1, P2, ... pentru decompresie*; aceşti timpi de palier sunt luați din tabelele de decompresie pentru adâncimea de scufundare h_S (care este adâncimea de lucru h_L rotunjită la un multiplu de trei imediat superior) şi pentru durata scufundării t_S rotunjită la durata imediat superioară existentă de asemenea în tabel; $<t_{Pi}> =$ min.;

$t_R + (t_{P1} + t_{P2} + ...)$ reprezintă timpul total de urcare t_U şi este de fapt durata ridicării care se găseşte în penultima coloană a tabelelor LH-82, BÜ-700 şi BÜ-1 500.

c) Calculul de verificare

În final se face verificarea condiției (7-1) sau (7-2), urmărind ca timpul total de scufundare t_T să fie mai mic sau egal cu timpul de autonomie t_A:

$$t_T \le t_A$$
$$t_S + t_R + (t_{P1} + t_{P2} + ...) \le t_A\ .$$

Dacă această inegalitate nu este respectată, adică $t_T > t_A$, rezultă că autonomia scafandrului nu-i permite acestuia desfăşurarea programului propus. În acest caz, se trece la modificarea unor caracteristici ale scufundării şi anume scăderea adâncimii de lucru, h_L, (dacă este posibil) şi/sau a duratei scufundării, t_S, rezultând un timp de ridicare, t_R (numai dacă s-a modificat h_L) şi noi timpi de palier, t_{Pi} (t_{P1}, t_{P2}, ...). Aceste modificări se vor efectua după un procedeu iterativ până când va fi respectată condiția (7-1) sau (7-2).

Relația de calcul a timpului de autonomie, t_A, este acoperitoare deoarece a fost obținută pentru debitul de aer consumat la adâncimea de lucru.

Atunci când condiția (7-1) este respectată, se poate trage concluzia că acest ultim program de scufundare care verifică inegalitatea poate fi realizat de către scafandru, cu condiția de a respecta cu mare strictețe durata scufundării, t_S, adâncimea de lucru, h_L, timpul de ridicare, t_R şi timpii la paliere t_{Pi}, după ce în prealabil, înainte de a începe scufundarea, a verificat cu ajutorul manometrului de control presiunea, p_I, din butelii.

Trebuie menționat faptul că relațiile de mai sus sunt valabile numai introducând mărimile respective în unitățile de măsură indicate. Atunci când o serie din aceste mărimi ce intervin în calcul sunt exprimate în alte unități de măsură, ele vor trebui transformate în unitățile de măsură indicate folosind tabelele de conversie corespunzătoare.

Pentru respectarea condițiilor rezultate din calcul, scafandrul trebuie să urmărească în permanență ceasul etanş şi profundimetrul, în acest fel

asigurându-se de încadrarea în program.

Pentru o mai bună înțelegere a modului în care trebuie aplicate relațiile de calcul de mai sus, în continuare se vor prezenta câteva exemple de calcul pentru diferite situații concrete.

Exemplul nr. 1

Un scafandru echipat cu un aparat de respirat sub apă cu circuit deschis prevăzut cu o butelie cu volumul V = 10 l şi încărcată cu aer la presiunea p_I *= =150 bar (sc. man.) doreşte să efectueze o scufundare la adâncimea* h_L *= 15 m unde va realiza o activitate cu nivel moderat de efort. Să se calculeze durata maximă a scufundării,* t_S*, având în vedere ca scafandrul să se întoarcă la suprafață după terminarea scufundării cu o presiune a aerului în butelie de cel puțin* p_E *= 25 bar (sc. man.).* a) Utilizând relația (7-3), se calculează mai întâi timpul de autonomie, t_A:

$$t_A = \frac{10 \cdot (p_I - p_E) \cdot V}{(h_L + 10) \cdot Q_S} = \frac{10 \cdot (150 - 25) \cdot 10}{(15 + 10) \cdot 30} = 16,6 \text{ min.}$$

Pentru activitate moderată, s-a ales din tabelul 7.2, un debit consumat la suprafață Q_S = 30 l/min.

b) Apoi, se calculeză timpul total de scufundare t_T, conform relației (7-4):

$$t_T = t_S + t_R + (t_{P1} + t_{P2} + ...).$$

Considerând că scafandrul utilizează tabelele de decompresie LH-82, pentru adâncimea $h_L = h_S$ = 15 m şi pentru o durată a scufundării aleasă imediat mai mică decât t_A = 16,6 min., adică 10 min., rezultă:

- timpul de ridicare, $t_R = h_S/v_R$ = 15/15 = 1 min., timp ce coincide cu durata ridicării din tabel;

- urcarea la suprafață nu necesită paliere de decompresie deci t_{Pi} = 0 (t_{P1} = 0; t_{P2} = 0, ...). Deci, $t_T = t_S + 1$.

c) Punând condiția ca timpul total de scufundare, t_T să fie mai mic sau egal cu timpul de autonomie, t_A, se obține la limită:

$$t_T = t_A, \text{ sau } t_S + 1 = t_A,$$

de unde rezultă durata de scufundare maximă, t_S:

$$t_S = t_A - 1 = 16,6 - 1 = 15,6 \text{ min.}$$

Revenind la tabelul LH-82, pentru adâncimea h_S = 15 m şi durata scufundă-rii aleasă imediat superior (25 min.), durata ridicării este tot 1 min., nefiind nevoie de paliere de decompresie.

Prin urmare, în condițiile din enunțul de mai sus, după un timp t_S = 15 min. 36 sec., cronometrat din momentul începerii scufundării, scafandrul trebuie să părăsească adâncimea de lucru şi să înceapă ridicarea la suprafață cu o viteză de ridicare de 15 m/min., deci să efectueze o ridicare într-un timp t_R = 1 min. Scafandrul nu trebuie să efectueze paliere de decompresie (scufundare sub curba de securitate).

Exemplul nr. 2

Un scafandru echipat cu un aparat de respirat sub apă cu circuit deschis prevăzut cu o butelie de volum V = 10 l şi încărcată cu aer la presiunea p_I = 200 bar (sc. man.), trebuie să efectueze o scufundare la adâncimea h_L = 37 m, unde va realiza o activitate cu nivel moderat de efort. Să se calculeze durata maximă a scufundării, t_S, având în vedere ca scafandrul să revină la suprafață, după terminarea scufundării, cu o presiune a aerului din butelie de cel puțin p_E = 25 bar (sc. man.).

a) Calculul timpului de autonomie, t_A:

$$t_A = \frac{10 \cdot (p_I - p_E) \cdot V}{(h_L + 10) \cdot Q_S} = \frac{10 \cdot (200 - 25) \cdot 10}{(37 + 10) \cdot 30} = 12,4 \text{ min.}$$

Din tabelul 7.2, pentru activitate moderată, s-a ales Q_S = 30 l/min.

b) Calculul timpului total de scufundare, t_T:

$$t_T = t_S + t_R + (t_{P1} + t_{P2} + ...).$$

Din tabelele LH-82, pentru adâncimea de scufundare rotunjită la valoarea imediat superioară din tabel, adică la h_S = 39 m şi pentru o durată a scufundării aleasă imediat mai mică decât t_A = 12,4 min., adică 10 min., se obține:

- $t_R = h_S / v_R$ = 39/15 = 2,6 min., timp ce coincide cu durata ridicării din tabel;
- urcarea la suprafață nu necesită paliere de decompresie.

Deci, $t_T = t_S + 2,6$.

c) Punând condiția ca $t_T \leq t_A$, rezultă la limită:

$$t_T = t_A, \text{ sau } t_S + 2,6 = t_A,$$

de unde rezultă durata de scufundare maximă, t_S:

$$t_S = t_A - 2,6 = 12,4 - 2,6 = 9,8 \text{ min.}$$

Deci, în condițiile din enunț, după un timp t_S = 9 min. 48 sec., cronometrat din momentul începerii scufundării, scafandrul trebuie să părăsească adâncimea de lucru şi să înceapă ridicarea la suprafață cu o viteză de ridicare de 15 m/min., deci să efectueze o ridicare într-un timp t_R = 2min. 36 sec. Scafandrul nu trebuie să efectueze paliere de decompresie (scufundare sub curba de securitate).

Exemplul nr. 3

Un scafandru echipat cu un aparat de respirat sub apă cu circuit deschis prevăzut cu două butelii având volumul total, V = 20 l şi încărcate cu aer la presiunea p_I = 190 bar (sc. man.), doreşte să efectueze o scufundare la adâncimea h_L = 30 m într-un lac de munte aflat la altitudinea de 1 150 m, unde urmează să realizeze o activitate cu nivel moderat de efort. Să se calculeze durata maximă a scufundării, t_S, având în vedere, ca la sfârşitul scufundării, în butelii să rămână aer la o presiune de cel puțin p_E = 30 bar (sc. man.).

a) Calculul timpului de autonomie, t_A:

$$t_A = \frac{10 \cdot (p_I - p_E) \cdot V}{(h_L + 10) \cdot Q_S} = \frac{10 \cdot (190 - 30) \cdot 20}{(30 + 10) \cdot 35} = 22,8 \text{ min.}$$

Din tabelul 7.2, pentru activitate moderată, s-a ales Q_S = 35 l/min.

b) Calculul timpului total de scufundare, t_T:

$$t_T = t_S + t_R + (t_{P1} + t_{P2} + ...).$$

Pentru altitudinea de 1 150 m, se vor utiliza tabelele de decompresie BÜ-1 500, valabile pentru altitudini cuprinse între 701 m şi 1 500 m. Din aceste tabele, pentru adâncimea $h_L = h_S$ = 30 m şi pentru o durată a scufundării aleasă imediat mai mică decât t_A = 22,8 min., adică 20 min., se obține:

- timpul de ridicare la primul palier (P1):

$t_R = (h_S - h_{P1}) / v_R = (30 - 2) / 10 = 2,8$ min., timp ce coincide cu cel indicat în tabel; viteza de ridicare pentru tabelul BÜ-1 500 este v_R = 10 m/min.;

- timpul la palierul P1, adică la h_{P1} = 2 m, este t_{P1} = 3 min. Deci, durata ridicării este $t_R + t_{P1}$ = 2,8 + 3 = 5,8 min. şi coincide cu cea indicată în tabel.

Rezultă că: $t_T = t_S + 5,8$.

c) Punând condiția ca $t_T \leq t_A$, rezultă la limită:

$$t_T = t_A, \text{ sau } t_S + 5,8 = t_A,$$

de unde rezultă durata de scufundare maximă, t_S:

$$t_S = t_A - 5,8 = 22,8 - 5,8 = 17 \text{ min.}$$

Deci, pentru condițiile din enunț, după un timp t_S = 17 min., cronometrat din momentul începerii scufundării, scafandrul trebuie să părăsească adâncimea de lucru şi să înceapă ridicarea către primul palier, aflat la adâncimea de 2 m, cu o viteză de 10 m/min., deci să efectueze o ridicare la palierul de 2 m într-un timp t_R = 2 min. 48 sec. Scafandrul va poposi la palierul de 2 m un timp t_{P1} = 3 min., ultimul minut fiind utilizat pentru urcarea la suprafață.

Exemplul nr. 4

Un scafandru echipat cu un aparat de respirat sub apă cu circuit deschis prevăzut cu două butelii având volumul total V = 20 l şi încărcate cu aer la presiunea p_I = 200 bar (sc. man.), doreşte să efectueze o scufundare la adâncimea h_L = 30 m unde va realiza o activitate cu nivel moderat de efort. Să se calculeze durata maximă a scufundării, t_S,. având în vedere, ca la sfârşitul scufundării, în butelii să rămână aer la o presiune de cel puțin p_E = 25 bar (sc. man.).

a) Calculul timpului de autonomie, t_A:

$$t_A = \frac{10 \cdot (p_I - p_E) \cdot V}{(h_L + 10) \cdot Q_S} = \frac{10 \cdot (200 - 25) \cdot 20}{(30 + 10) \cdot 30} = 29,1 \text{ min.}$$

Pentru activitate moderată, s-a ales din tabelul 7.2, Q_S = 30 l/min.

b) Calculul timpului total de scufundare, t_T:

$$t_T = t_S + t_R + (t_{P1} + t_{P2} + ...).$$

Din tabelele LH-82, pentru adâncimea $h_L = h_S$ = 30 m şi pentru o durată a scufundării aleasă imediat mai mică decât t_A = 29,1 min., adică 25 min., se obține:

- timpul de ridicare, $t_R = (h_S - h_{P1}) / v_R = (30 - 3) / 15 = 1,8$ min., timp ce coincide cu timpul de urcare la primul palier din tabele;

- timpul la palierul P1, adică la h_{P1} = 3 m, este t_{P1} = 2 min.

Deci durata ridicării este $t_R + t_{P1} = 1,8 + 2 = 3,8$ min. şi coincide cu cea indicată în tabel.

Rezultă că $t_T = t_S + 3,8$.

c) Punând condiția ca $t_T \leq t_A$, rezultă la limită: $t_T = t_A$, sau $t_S + 3,8 = t_A$, de unde rezultă durata de scufundare maximă, t_S:

$$t_S = t_A - 3,8 = 29,1 - 3,8 = 25,3 \text{ min.}$$

Deoarece pentru 25,3 min., trebuie folosită durata scufundării de 30 min., pentru care timpul total de scufundare depăşeşte timpul de autonomie disponibil, se va reduce durata de scufundare la 25 min.

Deci, pentru condițiile din enunț, după un timp t_S = 25 min., cronometrat din momentul începerii scufundării, scafandrul trebuie să părăsească adâncimea de lucru şi să înceapă ridicarea către primul şi singurul palier aflat la adâncimea de 3 m într-un timp t_R = 1 min. 48 sec. Scafandrul va poposi la palierul de 3 m un timp t_{P1} = 2 min., ultimul minut fiind folosit pentru urcarea la suprafață.

Exemplul nr. 5

Un scafandru echipat cu un aparat de respirat sub apă cu circuit deschis prevăzut cu două butelii având fiecare un volum de 10 l (V = 20 l) şi încărcate cu aer la presiunea p_I = 200 bar (sc. man.), doreşte să efectueze o scufundare la adâncimea h_L = 33 m, unde va realiza o activitate cu nivel moderat de efort. Această scufundare este o scufundare succesivă, având loc după o primă scufundare cu decompresie efectuată la adâncimea de 30 m, timp de 30 min. şi după un interval la suprafață de 1 oră şi 50 min. (110 min.), unde scafandrul a respirat aer. Să se calculeze durata maximă a celei de a doua scufundări având în vedere ca scafandrul să se întoarcă la suprafață cu o presiune în butelii de cel puțin p_E = 25 bar (sc. man.).

Scufundarea la care se referă exemplul, având loc după o altă scufundare şi după un interval la suprafață, va trebui calculat timpul de majorare care adăugat duratei de scufundare conduce la stabilirea duratei fictive a celei de-a doua scufundări, durată necesară calculului palierelor de decompresie.

Astfel, conform tabelului LH-82, coeficientul „C“ după prima scufundare (la 30 m, timp de 25 min.), este de 1,4. Conform tabelului A-LH, valoarea coeficientului „C“ de 1,5 la sfârşitul primei scufundări, după un interval la suprafață de 100 min. (se ia intervalul imediat inferior), devine 1,3.

Se calculează timpul de majorare folosind tabelul B-LH. Astfel, în dreptul noii adâncimi de scufundare de 33 m şi pentru coeficientul „C“ de 1,3 se găseşte timpul de majorare egal cu 17 min. Deci, pentru cea de-a doua scufundare, regimul de decompresie se va calcula pentru durata fictivă a scufundării egală cu t_S + 17 (min.).

Revenind la cea de-a doua scufundare, se vor efectua calculele conform celor trei etape descrise mai sus.

Calculul timpului de autonomie, t_A:

$$t_A = \frac{10 \cdot (p_I - p_E) \cdot V}{(h_L + 10) \cdot Q_S} = \frac{10 \cdot (200 - 25) \cdot 20}{(33 + 10) \cdot 30} = 27{,}1 \text{ min.}$$

Pentru activitate moderată s-a ales din tabelul 7.2, Q_S = 30 l/min.

Ținând cont de relația timpului total de scufundare $t_T = t_S + t_R + (t_{P1} + t_{P2} + ...)$ şi de condiția la limită $t_T = t_A$ şi efectuând câteva încercări, a rezultat că durata maximă a scufundării poate fi t_S = 12,1 min.

Timpul de palier rezultă din tabelele LH-82 pentru adâncimea $h_L = h_S$ = 33 m şi pentru timpul fictiv (durata scufundării plus timpul de majorare) t_S + 17 = 12,1 + 17 = 29,1 min., rotunjit imediat superior la valoarea din tabel, deci pentru 30 min. Rezultă că pentru adâncimea de 33 m şi durata de 30 min. este nevoie de un singur palier de decompresie cu durata t_{P1} = 13 min. la adâncimea de 3 m.

Durata de ridicare la primul palier este $t_R = (h_L - h_{P1}) / v_R$ = (33 - 3) / 15 = 2 min.

În final se face verificarea condiției la limită: $t_T = t_A$, ($t_S + t_R + t_{P1} = t_A$), adică 12,1 + 2 + 13 = 27,1 min. Prin urmare condiția este verificată.

Deci, pentru condițiile din enunț, pentru scufundarea succesivă, după un timp t_S = 12 min. 6 sec. cronometrat din momentul începerii scufundării, scafandrul trebuie să părăsească adâncimea de lucru h_L = 33 m şi să înceapă ridicarea către primul şi singurul palier aflat la adâncimea h_{P1} = 3 m într-un timp t_R = 2 min. Scafandrul va poposi la palierul de 3 m un timp t_{P1} = 13 min., ultimul minut fiind folosit pentru urcarea la suprafață.

În exemplele de mai sus au fost calculate programele de scufundare cu durate de scufundare t_S maxime, care conduc la timpi totali de scufundare, t_T, egali cu timpii de autonomie, t_A, de care se dispune. Dacă scafandrul doreşte o scufundare cu o durată a scufundării t_S mai mică decât valoarea maximă, atunci el va trebui să facă calculele în mod asemănător celor prezentate mai sus, pentru durata de scufundare dorită, iar la sfârşit va trebui să verifice ca $t_T < t_A$.

Cele cinci exemple de calcul nu reprezintă decât câteva situații concrete din multitudinea de situații posibile. Pentru fiecare situație concretă, scafandrul trebuie să-şi întocmească programul de scufundare, calculând parametrii scufundării respective conform metodologiei prezentată în acest paragraf. Este important ca fiecare scafandru să stăpânească bine calculul autonomiei scufundării şi a caracteristicilor acesteia, având la bază o bună înțelegere a relațiilor de calcul şi o bună dexteritate în utilizarea tabelelor de decompresie.

7.9. Comunicarea subacvatică prin semne vizuale, semnale sonore şi echipament ultrason

Cel mai simplu şi mai eficient mod de comunicare sub apă între scafandri autonomi îl reprezintă comunicarea prin semne vizuale.

Codul de semne reprezintă un sistem de semne vizuale care serveşte la transmiterea unui mesaj între doi scafandri aflați sub apă. Semnele constau din gesturi semnificative ce sunt necesare pentru desfăşurarea în siguranță a fiecărei scufundări.

Semnele efectuate cu mâna, pentru scufundări libere şi cu aparate de respirat

autonome, au fost astfel alese încât să fie uşor de transmis, receptat şi înțeles în condițiile variate ale scufundărilor. În figura 7.5, sunt prezentate semnele vizuale cele mai importante necesare comunicării sub apă între membrii unei echipe de scufundare.

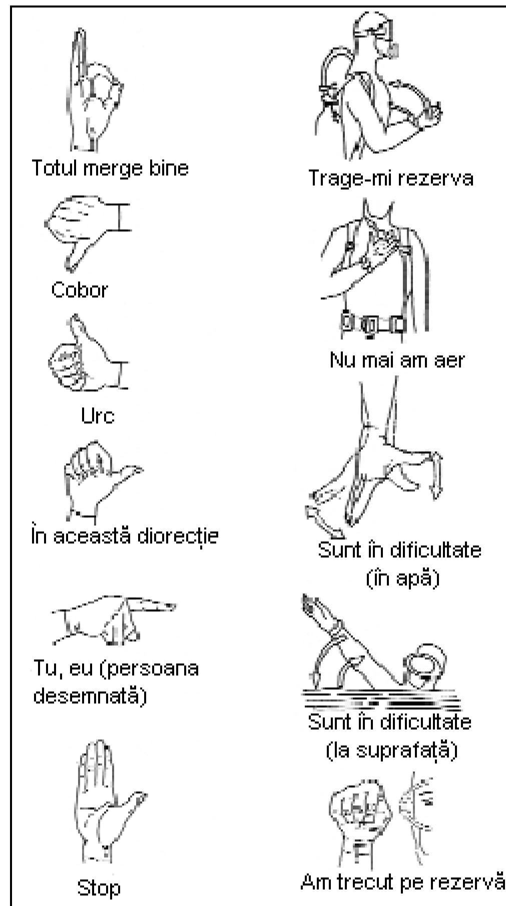


Fig. 7.5. Semne vizuale pentru comunicare între scafandri

Pentru a mări siguranța scufundărilor, pe lângă semnele efectuate cu mâna, se utilizează şi alte semne cum ar fi:

- ridicarea din umeri pentru „nu ştiu";
- aplecarea capului în față pentru „da";
- datul din cap stânga-dreapta, pentru „nu";
- autoîmbrățişarea pentru „mi-e frig".

Indiferent de experiența şi cunoştințele scafandrului, se recomandă ca înaintea fiecărei scufundări, membrii echipei de scufundare să facă o trecere în revistă a semnelor şi a semnificațiilor acestora pentru a nu interveni nici o confuzie în timpul scufundării.

La toate semnele, trebuie să se răspundă prompt, înapoindu-se exact aşa cum au fost receptate. În felul acesta, cel care a transmis semnul poate fi sigur că semnul a fost receptat de către partener şi a fost înțeles corect.

Bătaia în butelie cu un obiect de metal sau cu o piatră, când comunicarea nu

poate fi efectuată în alt mod, reprezintă un semnal sonor de ur-gență care înseamnă „mă duc la suprafață, vino cu mine“.

În afara mijloacelor simple de comunicare sub apă prezentate mai sus, mai există şi echipamente de comunicații sub apă fără fir, ultrason (Fig. 7.6), utilizate în special de scafandrii profesionişti. *Echipamentul ultrason* este realizat în trei variante, funcție de numărul de posturi de emisie/recepție şi anume: două posturi „scafandru“ emițător/receptor; un post „scafandru“ emițător/receptor şi două posturi „scafandru“ receptor; două posturi „scafandru“ emițător/receptor şi un post de suprafață. Principalele caracteristici tehnice ale echipamentului ultrason sunt:



Fig. 7.6. Echipamentul ultrason pentru comunicații subacvatice fără fir

- raza de acțiune de 50 ... 500 m;
- frecvența de transmisie: 32 768 Hz;
- gama de frecvențe audio: 300 ... 3 000 Hz;
- adâncimea maximă de utilizare de 40 m;
- autonomie de 8 ... 10 ore, prin alimentare de la o baterie alcalină de 9 V sau de la un acumulator reîncărcabil.

8. TIPURI DE SCUFUNDĂRI, SCOPURI URMĂRITE ŞI ACTIVITĂŢI SUBACVATICE

Echipamentele de scufundare autonomă, cunoştinţele de fizica şi fiziologia scufundării şi planificarea judicioasă a scufundării, reprezintă baza materială şi logistică care permite scafandrilor desfăşurarea în condiţii de maximă eficienţă şi siguranţă a unor tipuri de scufundări, urmărind anumite scopuri şi efectuând diverse activităţi.

Cu excepţia scufundărilor de antrenament, toate tipurile de scufundări trebuie să aibă un anumit scop, iar scafandrul trebuie să fie pregătit să desfăşoare activităţile care au impus efectuarea acelei scufundări. În acest sens, întreaga planificare a scufundării, componenţa pieselor de echipament, precum şi aparatele şi sculele pe care scafandrul le ia cu el sub apă, vor fi subordonate atât scufundării propriu-zise cât şi desfăşurării în bune condiţii a activităţilor subacvatice, în vederea atingerii în mod corespunzător a scopurilor propuse.

În cele ce urmează, se vor prezenta tipurile mai importante de scufundări, principalele scopuri urmărite în timpul scufundării şi câteva din activităţile ce pot fi efectuate de scafandri.

8.1. Tipuri de scufundări

Funcţie de tipul mediului acvatic, de caracteristicile hidraulice şi de relief ale acestuia, de momentul şi de sezonul în care se efectuează scufundarea, există diverse tipuri de scufundări. Dintre acestea, vor fi prezentate în continuare tipurile mai importante de scufundări ce pot fi efectuate de scafandrii autonomi.

8.1.1. Scufundări în mare

Scufundările în mare deschisă reprezintă majoritatea scufundărilor efectuate de scafandrii autonomi utilizând aparate de respirat sub apă cu circuit deschis, cu aer comprimat (Fig. 8.1). Aceasta deoarece mările şi oceanele oferă atracţie printr-o serie de particularităţi cum ar fi, pe de o parte, valurile, transparenţa şi coloritul specific, flora şi fauna subacvatică variată, iar pe de altă parte, faptul că mările şi oceanele asigură locuri de scufundare extrem de variate şi atractive atât pentru scufundările de observaţie cât şi pentru diversele activităţi care pot fi efectuate sub apă. Unele particularităţi ale mediului marin, pe lângă faptul că oferă condiţii pentru scufundări foarte interesante, constituie şi elemente de periculozitate de care trebuie ţinut cont încă din faza de planificare a scufundării.


Fig. 8.1. Scufundare autonomă în mare

8.1.2. Scufundări în apă dulce

Ca şi apa de mare, apa dulce oferă posibilitatea efectuării de scufundări cu scopuri şi activităţi asemănătoare, în cele mai variate locuri cum ar fi: lacuri de diferite tipuri, râuri, sifoane din peşteri etc. Scafandrii pot efectua diverse activităţi cum ar fi fotografiere, filmare, înregistrare video, prelevare de probe, intervenţii tehnice etc., în cadrul unor programe cu diferite scopuri dintre care pot fi enumerate cercetarea de epave, căutarea de tezaure, studiile arheologice, biologice, geologice, ecologice etc.

Scufundările în apă dulce, ca şi cele în mare, presupun planificări adecvate precum şi însuşirea unor tehnici specifice de pătrundere sub apă, de lucru la adâncime, de revenire la suprafaţă şi de asistare a scufundării de către echipa de suprafaţă, fiecare din aceste tehnici fiind prezentată în capitolele anterioare.

8.1.2.1. Scufundări în lacuri

Lacurile din ţara noastră, fie că sunt naturale, fie că sunt artificiale, pot prezenta un interes deosebit atât pentru scufundarea liberă, în apnee, cât şi pentru scufundarea autonomă cu aparat de respirat (Fig. 8.2). Unele lacuri sunt bogate în diferite specii de peşte, au o mare varietate de plante, sau sunt caracterizate printr-o topografie a fundului variată. De aceea, lacurile pot prezenta un interes deosebit pentru fotografie, cercetare sau, în anumite condiţii, pentru vânătoare subacvatică. Atunci când se efectuează scufundări în lacuri, trebuie luate în consideraţie unele aspecte specifice cum ar fi: altitudinea la care se află lacul, distribuţia adâncimilor, existenţa curenţilor, locurile interzise scufundărilor, locurile periculoase, tehnicile speciale de scufundare ce trebuie adoptate, precum şi elementele particulare de legislaţie.

Lacurile din ţara noastră se pot clasifica în două mari categorii:

• lacuri naturale;
• lacuri artificiale, care sunt lacuri de acumulare (lacuri de baraj artificial).

La rândul lor, lacurile naturale pot fi:

- lacuri de luncă şi deltă (Lacul Suhaia);
- limanuri fluviatice (Lacul Mostiştea);
- limanuri fluvio-marine şi lagune (Lacul Razelm);
- lacuri între dune de nisip (Lacul Godovanu);
- lacuri în depresiuni de tasare (Lacul Crovuri);
- lacuri de baraj natural (Lacul Roşu);

- lacuri carsto-saline (Lacul Ursu-Sovata);
- lacuri în depresiuni carstice (Lacul Ighiu);
- lacuri carstice pe ghips (Lacul Nucşoara);
- lacuri în cratere vulcanice (Lacul Sf. Ana);
- lacuri de nivaţie şi de poliţe structurale (Lacul Vulturilor-Siriu);
- lacuri în relief glaciar (Lacul Bâlea);
- lacuri în mine de sare părăsite (Lacul Ocna-Mureş).



Fig. 8.2. Scufundare autonomă în lac

8.1.2.2. Scufundări în râuri

Curenţii de apă cu suprafaţă liberă, fie că sunt râuri (curgeri cu suprafaţă liberă în albii naturale), fie că sunt canale (curgeri cu suprafaţă liberă în albii artificiale), pot oferi, ca şi lacurile, multe locuri interesante pentru efectuarea de diverse activităţi subacvatice (fotografiere, filmare etc.), pentru diferite scopuri (cercetări de epave, studii arheologice, geologice etc.).

Atunci când se efectuează scufundări în râuri, trebuie luate în consideraţie aceleaşi aspecte ca şi în cazul scufundărilor efectuate în lacuri.

Scufundările în râuri se deosebesc de scufundările în mare prin trei factori:
- adâncimea mică (în general de 2 până la 6 metri);
- curentul;
- vizibilitatea slabă.

Regulile generale ale scufundării sunt aplicabile şi pentru acest tip de scufundări. Scafandrii nu trebuie niciodată să fie tentaţi să urce în contra curentului şi trebuie să fie urmăriţi printr-o supraveghere competentă de suprafaţă, atunci când râul este navigabil. De asemenea, acest tip de scufundări vor fi efectuate numai de către scafandri cu o pregătire foarte bună.

8.1.3. Scufundări în peşteri

Scufundarea în peşteri (scufundarea speologică) necesită, din partea celui care o efectuează, atât calitatea de scafandru excelent cât şi calitatea de speolog confirmat. Efectuarea acestui tip de scufundare presupune o cunoaştere în profunzime a pericolelor ce pot apărea şi a faptului că este absolut necesar de a nu se practica decât cu asigurarea că toate mijloacele de securitate, în ceea ce priveşte atât echipamentul cât şi personalul, au fost puse în operă. Scafandrii

care vor să efectueze astfel de scufundări trebuie să realizeze un stagiu de perfecţionare, în cadrul unei şcoli specializate în predarea acestui tip de scufundări, în vederea dobândirii tehnicilor pe care aceste scufundări speciale le impun.

Utilizarea echipamentului autonom de scufundare cu aer comprimat pentru speologie datează de la începutul anilor 1950. Speologia subacvatică care a luat astfel naştere, se ocupă cu explorarea şi investigarea ştiinţifică a peşterilor submerse, a galeriilor şi sifoanelor scufundate (Fig. 8.3). În ultimii 40 de ani, speologia subacvatică s-a dezvoltat ca o parte separată a speologiei, creând un câmp larg de cercetare şi impunând propriile metode de explorare.

Peşterile submerse din ţara noastră sunt de următoarele tipuri:

- peşteri de abraziune marină (Peştera Rapanelor de la Costineşti);
- tuburi subacvatice de lavă (în Munţii Zarandului);
- peşteri carstice, care sunt cele mai numeroase, conţinând cea mai mare parte a sifoanelor, galeriilor şi puţurilor submerse.

Pentru a fi efectuate în condiţii de siguranţă, explorarea şi cercetarea peşterilor şi sifoanelor submerse trebuie făcută numai de către scafandri experimentaţi, care posedă cunoştinţele necesare şi procedeele specifice unor scufundări în spaţii confinate.

Procedeele specifice scufundării în peşteri includ:

- folosirea „firului ghid“ (saulei călăuză) care asigură legătura directă a scafandrului cu suprafaţa;
- calcularea consumului de aer utilizând „regula treimii“ care constă în folosirea unei treimi din rezerva de aer din butelii pentru înaintare, iar restul de două treimi pentru întoarcere, mai precis o treime pentru întoarcerea propriu-zisă şi o treime ca rezervă pentru situaţii neprevăzute;
- folosirea unei rezerve secundare de aer comprimat;
- antrenamente specifice şi penetrarea în mod progresiv pentru a evita apariţia panicii;
- folosirea a trei surse de lumină independente;
- posedarea unui bun control al flotabilităţii şi a procedeelor de scufundare pentru a evita deranjarea particulelor fine de sediment şi deci trecerea lor în suspensie, lucru care ar conduce la o scădere importantă a transparenţei apei.

Problemele de logistică specifică scufundărilor în peşteri pot fi, printre altele:

- adaptarea echipamentului şi a procedeelor de scufundare la condiţiile morfologice şi hidrologice specifice;
- planificarea corespunzătoare a scufundării;
- organizarea optimă a expediţiilor;
- alegerea scufundării solitare sau în echipă.

De asemenea, cunoştinţele scafandrilor asupra circumstanţelor în care au avut loc diferite accidente, cât şi analiza critică a lor, reprezintă o modalitate de creştere a siguranţei scufundării în peşteri.

În România cluburile de speologie subacvatică din Bucureşti, Oradea, Cluj-Napoca, Arad, Stei ş.a., au o frumoasă şi bogată activitate, oferind cursuri specializate de scufundări în peşteri.



Fig. 8.3. Scafandri speologi pregătiți pentru explorarea unui sifon

8.1.4. Scufundări sub gheață

Scufundarea sub gheață, practicată în general în lacuri, este rezervată scafandrilor confirmați. Într-adevăr, datorită faptului că nu există nici un mijloc de revenire rapidă la suprafață, trebuie ca scafandrul să fie apt pentru efectua-rea de trasee subacvatice lungi aplicând regulile de securitate. De asemenea, trebuie acordată o atenție deosebită faptului că frigul diminuează capacitatea fizică şi mentală a scafandrului, motiv pentru care scafandrii trebuie să aibă o pregătire fizică, psihică şi tehnică care să le permită executarea corectă a diferitelor procedee specifice scufundării sub gheață.

Scufundările sub gheaţă (Fig. 8.4) sunt foarte asemănătoare scufundărilor în peşteri, necesitând acelaşi tip de echipament şi fiind, în unele privinţe, chiar mai periculoase decât acestea din urmă. Aceasta datorită în special temperaturilor scăzute ale apei, care conduc la apariţia senzaţiei de frig la scafandrii aflaţi sub gheaţă. Frigul influenţează atât capacitatea mentală şi fizică a scafandrului, cât şi funcţionarea echipamentului de scufundare. În acest sens, se recomandă ca detentorul să fie bine uscat şi uns, iar butelia să fie încărcată în mod lent pentru a nu da posibilitatea formării condensului. În prezent există posibilitatea utilizării detentoarelor cu sistem antiîngheţ. Aerul cu care se încarcă butelia trebuie să fie complet uscat pentru a preveni îngheţarea apei conţinută în aer. Se recomandă folosirea subveşmintelor, iar costumul de protecţie termică (de preferat costumul uscat) trebuie să fie în perfectă stare de folosire. Scufundarea sub gheaţă se efectuează numai în echipă, doi scafandri fiind în apă, iar alţi doi scafandri aflându-se la suprafaţă şi oferind suportul necesar. Se recomandă ca în timpul efectuării scufundării sub gheaţă, scafandrii să nu se apropie de fundul lacului, rămânând la 3 ... 4 m sub gheaţă. Aceasta pentru a nu agita depunerile de sedimente.

„Firul-ghid“ (saula-călăuză) trebuie să fie foarte rezistent şi trebuie legat de un amaraj fix pe gheaţă sau pe mal. Capătul din apă al „firului-ghid“ trebuie să fie legat de scafandru şi nu de echipament. Codul de semne utilizat trebuie bine ştiut, atât de către scafandrii din apă cât şi de către scafandrii ce alcătuiesc echipa de suprafaţă.



Fig. 8.4. Scufundare sub gheață cu aparat autonom

8.1.5. Scufundări de noapte

Scufundarea de noapte este foarte spectaculoasă deoarece, pe timpul nopții, mediul subacvatic oferă scafandrului o priveliște diferită de cea din timpul zilei. Dar, datorită dificultăților specifice care apar, scufundarea de noapte poate fi practicată numai de către scafandri experimentați.

Scufundările de noapte (Fig. 8.5) necesită şi ele o planificare atentă şi detaliată, în special în ceea ce priveşte utilizarea unei surse de iluminat subacvatic, folosirea busolei şi controlul adâncimii prin măsurători. Scufundările efectuate noaptea trebuie făcute totdeauna în echipă, avându-se în vedere scăderea considerabilă a posibilităților de orientare prin mijloace naturale şi creşterea riscurilor de producere a accidentelor de scufundare. De aceea, pentru limitarea la maximum a riscurilor, trebuie luate anumite precauții şi anume:

- şeful echipei de scafandri trebuie să aibă un proiector;
- fiecare scafandru trebuie să fie echipat cu câte o lanternă;
- trebuie să existe o lanternă pe ambarcațiunea de suprafață şi o lanternă aprinsă fixată pe lanțul de ancoră;
- echipa de scafandri va fi împărțită în grupuri de câte doi scafandri care se vor supraveghea reciproc. Scafandrul căruia i s-a defectat lanterna trebuie să se țină de mână cu celălalt scafandru din grup;
- scafandrii coboară sub apă cu lanterna aprinsă şi nu o vor stinge sub nici un motiv;
- nu trebuie niciodată să se lumineze vizorul unui alt scafandru pentru a nu-l orbi. Schimbul de semne se va realiza prin iluminarea propriei mâini, cu care se fac semnele;
- nu se vor efectua scufundări de noapte la adâncimi mai mari de 15 m.



Fig. 8.5. Scafandru efectuând o scufundare de noapte

8.2. Scopuri urmărite în timpul scufundărilor

În condițiile oferite de diferitele tipuri de scufundări prezentate în paragraful 8.1, scafandrii pot să efectueze diverse activități specifice scopurilor propuse. În continuare, vor fi prezentate pe scurt câteva din aceste scopuri urmărite în scufundare.

8.2.1. Cercetarea de epave

Cercetarea de epave aflate sub apă (Fig. 8.6) constituie una dintre cele mai atractive activități subacvatice, scufundările cu acest scop fiind asemănătoare cu scufundările în peşteri şi chiar cu scufundările sub gheață. Epavele pot fi de dimensiuni şi vechimi diferite, situate la mare sau la mică adâncime, în apă de mare sau în apă dulce. Fiecare parte din epavă şi conținutul acesteia trebuie să fie considerate ca având valoare istorică şi de aceea trebuie ferite de distrugeri.

Datorită faptului că epavele asigură hrană şi adăpost pentru multe viețuitoare marine, scafandrii pot adesea observa o mare activitate a vieții subacvatice într-un spațiu relativ restrâns. Ei pot să fotografieze, să descopere, sau doar să admire această nouă lume. Atunci când este permis, scufundătorii pot să practice şi vânătoarea subacvatică. Poziția unei epave este indicată pe hartă printr-un punct marcat cu indicativul Wk (Wreck-epavă). Acest punct este caracterizat prin coordonatele sale, exprimate în grade de latitudine şi longitudine. În cazul epavelor aflate în apropierea țărmului sau în lacuri, poziția epavei este dată prin distanțe în raport cu nişte repere fixe. O eroare de câteva grade sau câțiva metri în aprecierea distanțelor, poate duce la pierderea localizării epavei.

Curenții temporari sau permanenți din zona epavei pot crea condiții periculoase care să impună renunțarea la planul inițial de cercetare.

Chiar dacă epava este nouă pentru scafandru, ea nu este nouă pentru pescarii locali. Aceasta înseamnă că undițe de pescuit, cârlige, plase şi alte unelte pescăreşti ar putea fi prinse de epavă, constituind capcane destul de periculoase pentru scafandri. Epavele vechi pot avea acumulate un mare număr de asemenea resturi pe corpul lor, sau pot să fi suferit o serie de acțiuni de „demontare“ din partea altor scafandri care le-au vizitat anterior. Uşile, hublourile cabinelor de pe covertă şi părțile mişcate de valuri sau de curenți, trebuie asigurate pentru a preveni o eventuală blocare a scafandrului în interior. Trebuie folosite „fire-ghid“, iar timpul de scufundare trebuie să se încadreze în limitele de siguranță şi să fie respectat cu mare strictețe.

Planificarea scufundării la epavă include alegerea optimă a echipamentului de scufundare şi a accesoriilor acestuia, precum şi măsurile specifice pentru situațiile neprevăzute.



Fig. 8.6. Cercetarea unei epave

8.2.2. Căutarea de tezaure submarine

Căutarea de tezaure submarine se referă la căutarea unor obiecte de preț aflate în încărcăturile unor epave situate pe fundul mărilor şi lacurilor. Acest scop, ce s-a impus a fi realizat prin programe complexe de scufundare autonomă, a stârnit continuu imaginația şi dorința de aventură a scafandrilor, uneori căutările fiind încununate de succes, iar alteori creând doar speranțe iluzorii. Căutarea de tezaure submarine presupune cunoaşterea foarte bună a tehnicilor de pătrundere şi cercetare la epave, planificarea foarte riguroasă a scufundării şi utilizarea de echipamente şi utilaje specifice. Astfel, căutarea de tezaure presupune şi utilizarea unor detectoare de metale specializate (Fig. 8.7).



Fig. 8.7. Scanarea fundului mării cu detectorul de metale

8.2.3. Arheologie subacvatică

Arheologia subacvatică este o ramură a arheologiei având ca obiect găsirea, recuperarea şi studierea diverselor relicve istorice aflate sub apă. Arheologia subacvatică a luat ființă ca disciplină de sine stătătoare la începutul anilor 1960, ca o consecință a numeroaselor vestigii descoperite sub apă de către scafandrii: amfore, epave antice, coloane de marmură, tunuri etc. (Fig. 8.8).

Arheologia subacvatică nu se rezumă numai la activitățile subacvatice, ea presupunând un ansamblu de activități ce constau din localizarea, identificarea, aducerea la suprafață, conservarea şi studierea relicvelor găsite sub apă.

Descoperirea obiectelor cu importanță arheologică nu este întotdeauna o

întâmplare, ci, în cele mai multe cazuri, rezultatul unor căutări documentate efectuate cu insistenţă şi cu pricepere. De aceea, căutarea şi identificarea diverselor obiecte arheologice aflate sub apă, presupune cunoştinţe temeinice de istorie, geografie, hidrologie, meteorologie, marinărie etc., precum şi o documentare solidă efectuată în paralel cu cercetarea subacvatică. În prezent, scafandrii pot dispune de mijloace tehnice specializate în astfel de căutări: detectoare de metale, magnetometre, sonare, aparate automate de fotografiat, echipamente de televiziune subacvatică etc.



Fig. 8.8. Căutarea de vestigii submarine

8.2.4. Biologie subacvatică

Biologia subacvatică este o ramură a biologiei care are drept scop descoperirea, identificarea, prelevarea de probe şi studierea florei şi faunei subacvatice utilizând pătrunderea omului sub apă. Astfel, scufundarea reprezintă o tehnică ajutătoare pentru oamenii de ştiinţă, care le permite o examinare personală a florei şi faunei subacvatice atât din apele dulci (râuri, lacuri, sifoane etc.), cât şi din mări şi oceane.

În continuare, pentru scafandrii neiniţiaţi în problemele de biologie subacvatică, se prezintă câteva din speciile de floră şi faună întâlnite mai des în Marea Neagră.

Flora din Marea Neagră este alcătuită în cea mai mare parte din diferite specii de alge cum ar fi algele verzi, algele roşii şi algele brune.

Fauna din Marea Neagră este formată în special din peşti (morun, nisetru, laban, stavrid, guvid, calcan), mamifere (rechin), crustacee (crab de iarbă, crab de nisip, crab roşu, crab de piatră, crab păros), moluşte (midie, rapană), meduze etc.

Ca în majoritatea mărilor şi oceanelor planetei şi în Marea Negră se găsesc câteva specii de animale periculoase, care prin substanţele toxice sau veninul lor pot pune scafandrul în pericol. Scafandrii trebuie să cunoască aceste animale şi să le poată distinge pentru a se feri de ele, iar pentru eventualitatea unui contact cu aceste animale, trebuie să cunoască simptomele datorate inoculării cu venin precum şi măsurile de prim ajutor ce se impun.

Meduzele sunt animale marine care produc o substanţă toxică. Atingerea cu această substanţă toxică numită „hipnotoxină“, provoacă arsuri ale pielii. Pentru atenuarea iritaţiei pielii şi eliminarea senzaţiei neplăcute, locul se spală cu apă de mare şi apoi se aplică comprese cu oţet sau amoniac.

Dragonul, pisica de mare şi scorpia de mare sunt singurele animale veninoase din Marea Neagră. Veninul lor, „toxallumina“, este foarte toxic fiind asemănător

cu cel al viperelor, dar se află în doze mai mici. Înțepăturile lor sunt foarte dureroase, veninul inoculat având o acțiune inflamatorie şi conducând la tulburări respiratorii şi cardiace.

Ca antidot, se injectează în locul înțepat cantități mici de soluție de permanganat de potasiu în concentrație de 2 ... 5‰, clorură de aur şi intravenos gluconat de calciu 10%. Bineînțeles că serurile antiveninoase trebuie preparate din timp şi trebuie să se afle în trusa de prim ajutor a scafandrilor care efectuează programe de scufundare în Marea Neagră.

8.2.5. Ecologie subacvatică

Activitățile scafandrilor autonomi în domeniul *ecologiei subacvatice* pot consta, printre altele, în observarea calității apei prin prelevare de probe de la diferite adâncimi, detectarea unor surse de poluare subacvatice (containere cu substanțe toxice, epave cu încărcături poluante, instalații subacvatice de evacuare a apelor uzate şi a reziduurilor de proveniență industrială şi menajeră în zona litorală), precum şi în participarea la diverse acțiuni de curățare a râurilor, lacurilor şi a zonelor litorale. În afară de specialiştii în ecologie acvatică, special pregătiți pentru a face scufundări cu scop ecologic şi ceilalți scafandri care participă la astfel de acțiuni trebuie să aibă un bagaj minim de cunoştințe în domeniu.

8.2.6. Geologie subacvatică

Activitățile desfăşurate de către scafandri în cadrul unor programe de cercetări în domeniul *geologiei subacvatice* constau în principal din prelevarea de probe de sedimente şi de roci de pe fundul râurilor, lacurilor sau mărilor pentru a fi ulterior studiate de către cercetători în laboratoare specializate. Şi în cazul activităților subacvatice cu scop geologic pot fi utilizați specialişti în geologie, care au urmat cursuri de scufundare, cât şi scafandri care au acumulat un bagaj minimal de cunoştințe de geologie.

8.2.7. Inspecții şi lucrări subacvatice cu scop tehnic

Acest tip de scufundări, cu scop tehnic, nu trebuie confundate cu scufundările cu scop industrial efectuate de către scafandri profesionişti care dispun de echipamente, utilaje şi programe de scufundare ultraspecializate. *Scufundările cu scop tehnic* prezentate în acest paragraf reprezintă acele scufundări însoțite de activități subacvatice efectuate într-un timp scurt şi la adâncimi relativ mici, astfel încât să nu fie necesare paliere de decompresie. Pot fi incluse aici inspecțiile şi lucrările subacvatice efectuate la baraje, stavile, stații de pompare, conducte şi cabluri subacvatice, contrucții portuare, docuri etc., precum şi operațiile de ranfluare a unor obiecte cu dimensiuni reduse şi greutăți mici (Fig. 8.9).

Deşi aceste inspecții şi intervenții cu caracter tehnic la diverse obiective sunt aparent la îndemâna oricărui scafandru brevetat, totuşi, datorită fenomenelor neprevăzute care pot apărea în imediata apropiere a acestor obiective, scafandrii aleşi pentru a efectua astfel de operații trebuie supuşi unui instructaj specializat efectuat de către specialişti în lucrări subacvatice sau de către scafandri

profesionişti specializaţi în astfel de lucrări.

De asemenea, se va asigura, pe întreaga durată a efectuării lucrării subacvatice, o urmărire atentă şi o asigurare permanentă a scafandrilor de către o echipă de suprafaţă bine instruită.

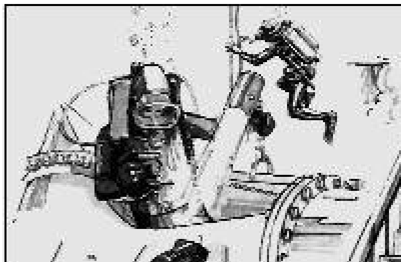


Fig. 8.9. Lucrări subacvatice uşoare cu scop tehnic

8.3. Activităţi subacvatice

Pentru atingerea diverselor scopuri propuse în cadrul diferitelor tipuri de scufundări, scafandrii trebuie să efectueze o serie de activităţi specifice, o parte din acestea fiind prezentate în cele ce urmează.

8.3.1. Fotografierea subacvatică

Fotografierea subacvatică reprezintă o activitate efectuată de scafandri constând din fixarea pe peliculă fotografică a unor imagini, scene şi peisaje subacvatice. Farmecul şi ineditul lumii subacvatice atrag scafandrii şi trezesc dorinţa acestora de a aduce din adâncurile apelor mărturii ale celor văzute, atât pentru ei înşişi cât şi pentru alţi scafandri, dar mai ales pentru cei care nu s-au scufundat niciodată. În afară de latura ei artistică, fotografierea subacvatică reprezintă şi o tehnică necesară cercetărilor subacvatice din domeniul arheologiei, biologiei, ecologiei, geologiei etc.

Primele încercări în domeniul fotografiei subacvatice au fost făcute între anii 1893-1899 de către francezul Louis Boutan în cadrul staţiunii de cercetări oceanografice de la Banyuls sur Mer. Boutan a conceput şi realizat nişte aparate de fotografiat grele, închise în camere etanşe metalice, manevrate de un scafandru echipat cu un costum clasic, de tip greu, alimentat cu aer de la suprafaţă. Aceste prime încercări au fost abandonate, fiind apoi reluate în anul 1936 de către Hans Haas care a efectuat primele fotografii atât în scufundare liberă cât şi în scufundare autonomă.

Fotografierea subacvatică a devenit astăzi, în acelaşi timp, un sport şi o tehnică, cele două componente ale acestei activităţi împletindu-se armonios. Pentru fotografierea subacvatică există o gamă întreagă de aparate cu caracteristici diferite, în funcţie de scopul urmărit şi de calitatea rezultatelor dorite.

Aparatele subacvatice de fotografiat pot fi aparate special construite în acest scop (Fig. 8.10), cu mecanisme şi obiective concepute în concordanţă cu condiţiile subacvatice sau aparate obişnuite introduse în carcase etanşe (Fig. 8.11). Aparatele de fotografiat de construcţie specială sunt de dimensiuni mai mici şi pot fi mai bine şi mai uşor manevrate, oferind fotografii de o calitate

deosebită. Aparatele de fotografiat obişnuite pot da rezultate la fel de bune dacă la alegerea lor se au în vedere anumite criterii şi se asigură protejarea corespunzătoare a aparatului de contactul direct cu apa, prin folosirea unei carcase etanşe corespunzătoare.

La baza construcției şi funcționării oricărei carcase pentru protejarea de apă a unui aparat de fotografiat subacvatic, trebuie să se afle etanşeitatea şi rezistența acesteia la presiunea exterioară. Carcasa etanşă rigidă, rezistentă la presiunea exterioară a apei prin forma şi grosimea pereților ei şi care are asigurată etanşeitatea mecanică a transmisiilor pentru comenzi, reprezintă tipul de carcasă cel mai sigur. Această carcasă nu poate fi însă folosită decât împreună cu aparatul de fotografiat pentru care fost concepută. Carcasele etanşe au flotabilitate aproximativ nulă şi pot fi utilizate până la adâncimea de 60 m.

Pelicula fotografică utilizată poate fi alb-negru sau color. În principiu, poate fi folosit orice tip de peliculă, dar la alegerea ei pentru fotografia subacvatică se va ține seama de sensibilitatea acesteia şi de condițiile hidrooptice.

Pentru a efectua fotografii subacvatice color la adâncimi relativ mari, care să pună în valoare bogăția de culori a plantelor şi animalelor acvatice (la lumină artificială culorile devin tot mai variate pe măsură ce adâncimea apei creşte), este indispensabilă folosirea iluminării artificiale a obiectelor şi viețuitoarelor care vor fi fotografiate.

Iluminarea artificială este de asemenea necesară şi pentru efectuarea fotografiilor alb-negru la adâncimi unde lumina naturală ce pătrunde de la suprafață nu este suficientă. Pentru fotografii efectuate noaptea, în peşteri subacvatice, la epave, în ape tulburi, precum şi în cazul fotografierii de subiecte aflate în mişcare, la care trebuie folosiți timpi de expunere mici, iluminarea artificială este obligatorie.

Pentru iluminarea artificială sub apă se utilizează flash-uri cu lămpi de magneziu şi flash-uri electronice.

Realizarea unor fotografii subacvatice de bună calitate depinde de experiența profesională a celui care fotografiază, de buna cunoaştere a subiectului şi de realizarea unei reglări corespunzătoare a aparatului.

Peisajul submarin, peştii şi alte animale, plantele, stâncile, falezele, epavele de nave etc., oferă subiecte deosebit de interesante pentru fotografia subacvatică. Fotografierea subacvatică reprezintă activitatea cea mai interesantă şi mai căutată de către scafandri datorită utilității ei în îmbogățirea cunoştințelor despre fauna, flora şi resursele încă necunoscute ale mediului acvatic.



Fig. 8.10. Aparat subacvatic de fotografiat de construcție specială

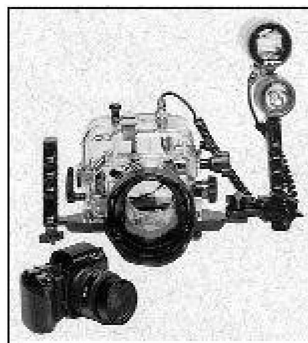


Fig. 8.11. Aparat de fotografiat obişnuit, de 35 mm, cu carcasă etanşă

8.3.2. Filmarea subacvatică

Filmarea subacvatică reprezintă o activitate care constă în înregistrarea pe peliculă cinematografică a unor scene, imagini şi peisaje subacvatice.

În general, în filmarea subacvatică sunt utilizate aceleaşi principii care guvernează fotografierea subacvatică alb-negru sau color. Filmarea subacvatică necesită aparate speciale de filmat sub apă prevăzute cu diferite accesorii specifice şi dispozitive de iluminat adecvate, materiale fotosensibile etc.

Aparatele de filmat subacvatice pot fi ori camere de filmat obişnuite introduse în carcase etanşe, rezistente la presiunea exterioară, (Fig. 8.12), ori camere special concepute şi realizate pentru filmări sub apă. Flotabilitatea aparatului de filmat, împreună cu carcasa, trebuie să fie cât mai apropiată de flotabilitatea nulă pentru a fi cât mai uşor de manevrat sub apă. Flotabilitatea aparatului poate fi ajustată fie prin adăugarea unor greutăți din plumb, dacă aparatul este prea uşor, fie prin ataşarea unor flotoare, dacă aparatul este prea greu. Ca şi la fotografierea subacvatică, pentru filmarea subacvatică se utilizează iluminatul artificial care este realizat cu dispozitive speciale de iluminat.

Pentru micşorarea efectului difuziei, unghiul format de axa optică a obiectivului cu cea a fascicolului de lumină trebuie să fie mai mare de 25 ... 30º, astfel că sursa de lumină artificială nu se poziționează în apropierea obiectului care este filmat. Pentru aceasta, se utilizează sisteme de iluminare cu brațe reglabile pentru ca proiectoarele să poată fi apropiate sau depărtate de obiectiv în mod corespunzător. Pentru creşterea vizibilității şi mărirea contrastului, se utilizează filtre de polarizare, iar pentru îmbunătățirea stabilității imaginii, se filmează cu o frecvență de 28 ... 30 imagini pe secundă, utilizând un film de 35 mm sau 16 mm. Casetele cu film trebuie să aibă o capacitate cât mai mare (120 m) pentru ca scafandrul să nu fie nevoit să se ridice prea des la suprafață pentru a schimba filmul.

Atunci când se efectuează filmări subacvatice, se recomandă ca acestea să fie realizate în ape cu o vizibilitate minimă de 15 ... 20 m şi cu un fund pietros sau nisipos, în apropierea căruia scafandrul să se poată deplasa fără să tulbure apa. De asemenea, se recomandă ca scafandrul operator să fie însoțit de un al doilea scafandru.

Un amănunt important, de care trebuie ținut cont în timpul filmării subacvatice,

îl constituie compensarea mişcărilor de înot ale operatorului submarin, astfel încât acestea să nu fie transmise camerei de filmat. Pentru obținerea acestui deziderat, scafandrul operator trebuie să fie astfel lestat încât să aibă flotabilitate nulă şi să se deplaseze sub apă cu mişcări perfect controlate.


Fig. 8.12. Cameră de filmat de 16 mm cu carcasă etanşă

8.3.3. Înregistrarea video subacvatică

În cazul în care scafandrul posedă noțiuni de fotografiere şi de filmare subacvatică cu peliculă fotosensibilă, însuşite în mod corect, se poate considera că acesta este apt şi pentru înregistrarea de imagini subacvatice cu camera video.

Înregistrarea video subacvatică reprezintă o activitate de tehnică şi artă a înregistrării pe bandă video a unor scene, momente, peisaje subacvatice etc.

Ca şi filmarea subacvatică, înregistrarea video subacvatică comportă multiple dificultăți în special de dotare materială cum ar fi camere video specializate prevăzute cu accesorii corespunzătoare, dispozitive de iluminat etc.

Camerele video subacvatice pot fi camere obişnuite carcasate care utilizează casete video VHS-C având o durată de funcționare de 90 minute (Fig. 8.13) sau casete video de 8 mm care au o durată de funcționare de 120 minute, sau pot fi camere etanşe speciale pentru înregistrări subacvatice. Carcasele etanşe sunt construite în general din plexiglas, aluminiu, sau din materiale pe bază de fibră de sticlă.

Majoritatea cunoştințelor de la fotografierea şi filmarea tradițională subacvatică cum ar fi iluminarea artificială, condițiile hidrooptice etc., rămân valabile şi în cazul înregistrărilor video subacvatice, deşi unele dintre acestea pot fi rezolvate în mod automat de camera video prin dispozitivele automate integrate acesteia.

Iluminatul artificial este realizat cu dispozitive speciale de iluminat alimentate de la un bloc de acumulatori având tensiuni de 12 ... 32 V ataşat la carcasa etanşă. La aceşti acumulatori pot fi alimentate lămpi subacvatice având puteri de 50 ... 100 W. Timpul de utilizare a acestor acumulatori (autonomia instalației de iluminat) este de circa 40 minute.

Ca şi în cazul filmării subacvatice, un detaliu specific de care trebuie să țină seama operatorul camerei video subacvatice, este felul cum se depla-sează în timpul înregistrării pentru a nu provoca balansul (filajul imaginii) prin mişcarea labelor de înot. Această mişcare de balans în jurul direcției de înaintare (ruliu) se transmite şi camerei video, rezultând un balans continuu al imaginii. Pentru a contracara acest efect negativ, operatorul scafandru trebuie să fie perfect lestat

(flotabilitate nulă), echipat cu un bloc de două sau trei butelii pentru a-şi mări starea de inerție la deplasare şi foarte bine antrenat la un înot cu mişcări perfect controlate.


Fig. 8.13. Cameră video pentru casetă VHS şi carcasă etanşă

8.3.4. Cartografierea subacvaticăv

Cartografierea subacvatică reprezintă o activitate de scufundare cu ajutorul căreia un scafandru poate să determine conturul unei anumite zone submerse cum ar fi: platou stâncos, câmp de alge, zonă arheologică, banc de midii etc.

Pentru aceasta, scafandrul porneşte dintr-un punct bine determinat, executând sub apă o navigație estimată, cunoscând drumul compas DC (º), viteza de deplasare v (m/min.) şi timpul în care se efectuează deplasarea t (min.). Distanța parcursă de scafandru se poate deci calcula cu relația $d = v \cdot t$, iar viteza de deplasare a scafandrului poate fi considerată ca fiind aproximativ egală cu 46 m/min.

Spre exemplu, în mod practic, pentru determinarea conturului unei zone arheologice, se procedează în felul următor: scafandrul pleacă dintr-un punct cunoscut (balizat) în direcția Nord, adică pe un drum compas egal cu 0º şi parcurge o distanță de 184 m în timp de 4 minute. Se constată apoi că marginea zonei arheologice se orientează în direcția Est, adică drum compas egal cu 90º şi scafandrul se va deplasa pe această direcție timp de 2 minute parcurgând o distanță de 92 m. În continuare, se urmăreşte cealaltă margine a zonei care se îndreaptă către Sud (drum compas 180º) pe o distanță de 184 m, parcursă tot în timp de 4 minute. Apoi, scafandrul se va îndrepta către Vest (drum compas 270º), pe o distanță de 92 m, parcursă într-un timp de 2 minute.

Folosind datele măsurate şi calculate, se va trasa pe o hartă, la o scară convenabilă, distanțele corespunzătoare drumului compas specific fiecărei manevre, rezultând conturul zonei subacvatice urmărite în vederea cartografierii.

În cazul în care suprafața care urmează a fi cartografiată este mică, se măsoară diametrul acesteia, se balizează, după care se face determinarea poziției zonei, la suprafață, folosind diferite repere de pe țărm.

ANEXE

Anexa 1

Tabel de decompresie cu aer **LH - 82**

Adâncime (m)	Durata scufundării (min)	Timp de ridicare la primul palier (min)	Paliere (min) 18m	15m	12m	9m	6m	3m	Durata ridicării (min)	Coeficient "C"
9	20	0,6							1,1	0,6
	40	0,6							0,6	1,2
	70	0,6							0,6	1,3
	100	0,6							0,6	1,4
	120	0,6							0,6	1,5
12	15	0,8							0,8	1,1
	30	0,8							0,8	1,2
	50	0,8							0,8	1,3
	70	0,8							0,8	1,4
	90	0,8							0,8	1,5
	120	0,8							0,8	1,6
15	10	1,0							1,0	1,1
	25	1,0							1,0	1,2
	40	1,0							1,0	1,3
	50	1,0							1,0	1,4
	70	1,0							1,0	1,5
	80	1,0							1,0	1,6
	90	0,8						3	3,8	1,6
	100	0,8						5	5,8	1,7
	110	0,8						8	8,8	1,7
	120	0,8						10	10,8	1,7

18	10	1,2							1,2	1,1
	20	1,2							1,2	1,2
	30	1,2							1,2	1,3
	40	1,2							1,2	1,4
	50	1,2							1,2	1,5
	60	1,0						1	2,0	1,6
	70	1,0						7	8,0	1,6
	80	1,0						12	13,0	1,7
	90	1,0						16	17,0	1,7
	100	1,0						19	20,0	1,8
	110	1,0						22	23,0	1,8
	120	1,0						23	24,0	1,9
21	5	1,4							1,4	1,1
	15	1,4							1,4	1,2
	25	1,4							1,4	1,3
	30	1,4							1,4	1,4
	40	1,4							1,4	1,5
	50	1,2						5	6,2	1,6
	60	1,2						13	14,2	1,6
	70	1,2						19	20,2	1,7
	80	1,2						24	25,2	1,8
	90	1,2						27	28,2	1,8
	100	1,0					3	28	32,0	1,9
	110	1,0					7	31	39,0	1,9
	120	1,0					9	37	47,0	1,9

24	5	1,6							1,6	1,1
	15	1,6							1,6	1,2
	20	1,6							1,6	1,3
	30	1,6							1,6	1,4
	40	1,4						5	6,4	1,5
	50	1,4						15	16,4	1,6
	60	1,4						23	24,4	1,7
	70	1,2					2	27	30,2	1,8
	80	1,2					7	28	36,2	1,8
	90	1,2					12	29	42,2	1,9
	100	1,2					15	36	52,2	1,9
	110	1,2					18	43	62,2	1,9
	120	1,2					20	48	69,2	1,9
27	5	1,8							1,8	1,1
	10	1,8							1,8	1,2
	20	1,8							1,8	1,3
	25	1,8							1,8	1,4
	30	1,6						3	4,6	1,5
	40	1,6						13	14,6	1,6
	50	1,6						23	24,6	1,7
	60	1,4					6	28	35,4	1,7
	70	1,4					13	28	42,4	1,8
	80	1,4					17	31	49,4	1,9
	90	1,4					22	38	61,4	1,9
	100	1,2				2	23	46	72,2	1,9
	110	1,2				2	23	52	82,2	1,9

30	5	2,0							2,0	1,1
	10	2,0							2,0	1,2
	20	2,0							2,0	1,3
	25	1,8						2	3,8	1,4
	30	1,8						7	8,8	1,5
	40	1,8						21	22,8	1,6
	50	1,6					4	28	33,6	1,7
	60	1,6					14	28	43,6	1,8
	70	1,6					21	30	52,6	1,8
	80	1,4				2	23	41	67,4	1,9
	90	1,4				9	23	48	81,4	1,9
	100	1,4				12	23	55	91,4	1,9
33	5	2,2							2,2	1,1
	10	2,2							2,2	1,2
	15	2,2							2,2	1,3
	20	2,0						1	3,0	1,4
	25	2,0						7	9,0	1,5
	30	2,0						13	15,0	1,6
	40	1,8					4	24	29,8	1,6
	50	1,8					13	28	42,8	1,7
	60	1,6				1	20	28	50,6	1,8
	70	1,6				7	23	29	70,6	1,9
	80	1,6				12	23	48	84,6	1,9
	90	1,6				17	23	57	98,6	1,9
36	5	2,4							2,4	1,1
	10	2,4							2,4	1,2
	15	2,4							2,4	1,3
	20	2,2						3	5,2	1,4
	30	2,0					1	18	21,0	1,5
	40	2,0					8	28	38,0	1,6
	50	1,8				2	18	28	49,8	1,7
	60	1,8				7	23	35	66,8	1,8
	70	1,8				14	23	47	85,8	1,9
	80	1,8				20	30	50	101,8	1,9

39	5	2,6							2,6	1,1
	10	2,6							2,6	1,2
	15	2,4						2	4,4	1,3
	20	2,4						5	7,4	1,4
	25	2,2					1	13	16,2	1,5
	30	2,2					4	21	27,2	1,6
	40	2,0				1	14	28	45,0	1,7
	50	2,0				4	23	28	57,0	1,8
	60	2,0				14	23	40	79,0	1,9
	70	1,8			2	20	30	48	101,8	1,9
	80	1,8			9	20	35	57	119,8	1,9
42	5	2,8							2,8	1,2
	10	2,8							2,8	1,3
	15	2,6						3	5,6	1,4
	20	2,4					1	7	10,4	1,5
	25	2,4					3	17	22,4	1,6
	30	2,4					7	25	34,4	1,6
	40	2,2				4	16	28	50,2	1,7
	50	2,0			1	9	23	36	71,0	1,8
	60	2,0			3	19	23	46	93,0	1,9
	70	2,0			10	20	30	54	116,0	1,9
45	5	3,0							3,0	1,2
	10	2,8						1	3,8	1,3
	15	2,8						4	6,8	1,4
	20	2,6					2	9	13,6	1,5
	25	2,6					6	19	27,6	1,6
	30	2,4				2	8	28	40,4	1,7
	40	2,4				5	23	28	58,4	1,8
	50	2,2			4	15	23	40	84,2	1,8
	60	2,2			9	20	30	49	110,2	1,9
	70	2,0		1	16	20	33	57	129,0	1,9

48	5	3,2							3,2	1,2
	10	3,0						1	4,0	1,3
	15	2,8					1	4	7,8	1,4
	20	2,8					3	23	28,8	1,5
	25	2,6				2	6	23	33,6	1,6
	30	2,6				5	11	28	46,6	1,7
	40	2,4			3	8	22	32	67,4	1,8
	50	2,4			6	19	23	46	96,4	1,9
	60	2,2		3	12	20	30	57	124,2	1,9
51	5	3,4							3,4	1,2
	10	3,2						3	6,2	1,3
	15	3,0					2	5	10,0	1,5
	20	2,8				1	4	7	24,8	1,5
	25	2,8				3	9	26	40,8	1,6
	30	2,6			1	5	14	28	50,6	1,7
	40	2,6			5	11	23	36	77,6	1,8
	50	2,4		3	7	20	32	46	110,4	1,9
	60	2,4		4	18	20	35	69	148,4	1,9

54	5	3,6							3,6	1,2
	10	3,4						3	6,4	1,3
	15	3,2					3	6	12,2	1,5
	20	3,0				2	5	19	29,0	1,6
	25	2,8			1	4	8	28	43,8	1,7
	30	2,8			2	8	16	28	56,8	1,7
	40	2,6		1	7	14	23	41	88,6	1,8
	50	2,6		5	14	20	35	56	132,6	1,9
	60	2,4	2	7	18	20	38	77	164,4	1,9
57	5	3,8							3,8	1,2
	10	3,4					1	2	6,4	1,3
	15	3,2				1	4	7	15,2	1,5
	20	3,2				3	7	21	34,2	1,6
	25	3,0			2	5	11	28	49,0	1,7
	30	2,8		1	2	8	20	28	61,8	1,8
	40	2,8		4	7	16	23	55	107,8	1,9
	50	2,6	2	6	14	20	30	65	139,6	1,9
60	5	3,8						1	4,8	1,2
	10	3,6					1	4	8,6	1,4
	15	3,4				2	4	10	19,4	1,5
	20	3,2			1	4	7	24	39,2	1,6
	25	3,2			3	7	13	28	54,2	1,7
	30	3,0		1	5	8	21	28	66,0	1,8
	40	2,8	1	5	7	19	30	45	109,8	1,8
	50	2,8	4	6	17	20	34	70	153,8	1,9

Anexa 2

Tabelul **A - LH**

Modificarea coeficientului "C" funcţie de intervalul la suprafaţă, respirând aer

Intervalul la suprafață	Coeficientul "C" la sfîrşitul primei scufundări								
(min)	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
10	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
20	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
30	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1
40	1,7	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1
50	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1
60	1,7	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1
80	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1
100	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1
120	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1
150	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1
180	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1
240	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1
300	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0
360	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0

Anexa 3

Tabelul **B - LH**
Timpul de majorare a duratei scufundării

Adâncimea scufundării succesive (m)	Coeficientul "C" rezultat din tabelul **A - LH** 1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1
12	4:00	3:11	2:32	2:00	1:34	1:11	0:50	0:32	0:16
15	2:40	2:26	2:13	1:29	1:11	0:54	0:39	0:25	0:12
18	2:00	1:52	1:26	1:11	0:57	0:44	0:32	0:21	0:11
21	1:38	1:23	1:11	0:59	0:48	0:37	0:27	0:18	0:09
24	1:22	1:11	1:00	0:50	0:41	0:32	0:24	0:16	0:08
27	1:11	1:01	0:53	0:44	0:36	0:28	0:21	0:14	0:07
30	1:02	0:54	0:47	0:39	0:32	0:25	0:19	0:12	0:06
33	0:56	0:49	0:42	0:35	0:29	0:23	0:17	0:11	0:06
36	0:50	0:44	0:38	0:32	0:26	0:21	0:16	0:11	0:05
39	0:46	0:40	0:35	0:29	0:24	0:19	0:14	0:10	0:05
42	0:42	0:37	0:32	0:27	0:22	0:18	0:13	0:09	0:05
45	0:39	0:34	0:30	0:25	0:21	0:17	0:12	0:08	0:05
48	0:36	0:32	0:28	0:24	0:20	0:16	0:12	0:08	0:04
51	0:34	0:30	0:26	0:22	0:18	0:15	0:11	0:07	0:04
54	0:32	0:28	0:25	0:21	0:17	0:14	0:11	0:07	0:04
57	0:30	0:27	0:23	0:20	0:16	0:13	0:10	0:07	0:04
60	0:29	0:25	0:22	0:19	0:15	0:12	0:09	0:06	0:03

Notă : timpul de majorare este exprimat în **ore şi minute** (ex. 4:00 înseamnă 4 ore şi 00 minute)

Anexa 4

Tabel de decompresie cu aer pentru scufundări la altitudine **BÜ - 700**
(altitudine 0...700 m)

Adâncime (min)	Durata scufundării (min)	Timp de ridicare la primul palier (min)	Paliere (min) 24 m	21 m	18 m	15 m	12 m	9 m	6 m	3 m	Durata ridicării (min)	Grupa succesivă
9	300										1,0	H
12	120										1,0	G
	150	0,8								9	9,2	G
	180	0,8								14	14,8	H
	210	0,8								18	18,8	H
	240	0,8								24	24,8	J
	270	0,8								29	29,8	K
	300	0,8								34	34,8	K
15	75	1,2									1,5	G
	90	1,2								6	7,2	G
	120	1,2								20	21,2	G
	140	1,2								25	26,2	H
	160	1,2								31	32,2	H
	180	1,2								38	39,2	H
	200	0,8							2	43	45,8	J
	220	0,8							5	46	51,8	K
	240	0,8							6	49	55,8	K

18	53	1,5									1,8	F
	60	1,5								4	5,5	F
	70	1,5								9	10,5	G
	80	1,5								16	17,5	G
	90	1,5								23	24,5	G
	100	1,5								28	29,5	G
	110	1,2							1	31	33,2	H
	120	1,2							3	33	37,2	H
	130	1,2							7	35	43,2	H
	140	1,2							10	38	49,2	H
	150	1,2							13	41	55,2	J
	160	1,2							15	44	60,2	J
	170	1,2							17	46	64,2	K
	180	1,2							19	48	68,2	K
	190	1,2							20	50	71,2	K
	200	1,2							21	52	74,2	K
21	35										2,2	E
	50	1,8								6	7,8	F
	60	1,8								13	14,8	G
	70	1,8								23	24,8	G
	80	1,5							3	28	32,5	G
	90	1,5							7	31	39,5	H
	100	1,5							10	33	44,5	H
	110	1,5							15	36	52,5	H
	120	1,5							20	39	60,5	J
	130	1,5							23	43	67,5	J
	140	1,5							26	46	73,5	K
	150	1,5							29	48	78,5	K
	160	1,2						2	29	51	83,2	L
	170	1,2						5	30	52	88,2	L
	180	1,2						7	33	73	114,2	L

24	25										2,5	E
	40	2,2								6	8,2	F
	50	2,2								15	17,2	G
	60	1,8							3	23	27,8	G
	70	1,8							8	29	38,8	G
	80	1,8							13	32	46,8	H
	90	1,8							18	33	52,8	H
	100	1,5						1	24	38	64,5	H
	110	1,5						4	26	43	74,5	J
	120	1,5						6	29	46	82,5	J
	130	1,5						10	29	49	89,5	K
	140	1,5						13	30	52	96,5	L
	150	1,5						16	33	61	141,5	L
	160	1,5						18	36	94	149,5	L
27	22										2,7	E
	30	2,3								4	6,3	F
	40	2,2							1	12	15,2	F
	50	2,2							4	22	28,2	G
	60	2,2							10	28	40,2	G
	70	1,8						1	16	32	50,8	H
	80	1,8						4	21	34	60,8	H
	90	1,8						8	25	39	73,8	H
	100	1,8						11	28	44	84,8	J
	110	1,8						15	29	49	94,6	K
	120	1,8						19	30	52	102,8	L
	130	1,5					1	23	33	55	113,5	L
	140	1,5					3	24	38	94	160,5	L

30	20										3,0	D
	25	2,7								4	6,7	E
	30	2,3							2	6	10,3	F
	40	2,3							5	16	23,3	G
	50	2,2						1	10	26	39,2	G
	60	2,2						3	16	31	52,2	H
	70	2,2						7	21	34	64,2	H
	80	2,2						12	25	40	79,2	J
	90	1,8					1	15	29	45	91,8	J
	100	1,8					4	19	29	50	103,8	K
	110	1,8					6	23	32	51	113,8	L
	120	1,8					9	24	37	79	150,8	L
33	17										3,3	D
	25	2,7							2	6	10,7	F
	30	2,7							4	10	16,7	F
	40	2,3						2	7	22	33,3	G
	50	2,3						4	14	30	50,3	G
	60	2,3						8	20	33	63,3	H
	70	2,2					2	13	25	39	81,2	J
	80	2,2					4	16	29	45	96,2	K
	90	2,2					8	20	29	51	110,2	K
	100	2,2					12	23	33	53	123,2	L
	110	2,2					14	26	38	95	175,2	L
36	15										3,7	D
	20	3,0							2	4	9,0	E
	25	3,0							4	7	14,0	F
	30	2,7						2	5	14	23,7	G
	40	2,7						4	10	26	42,7	G
	50	2,3					1	8	16	33	60,3	H
	60	2,3					4	12	23	37	78,3	H
	70	2,3					7	15	28	44	96,3	K
	80	2,3					12	19	29	50	112,3	K
	90	2,2				2	14	24	33	53	128,2	L
	100	2,2				5	16	26	39	102	190,2	L

39	12										3,8	D
	15	3,7								4	7,7	E
	20	3,3							3	6	12,3	F
	25	3,0						2	4	11	20,0	G
	30	3,0						3	6	17	29,0	G
	40	2,7					2	6	13	29	52,8	G
	50	2,7					4	10	20	33	69,8	H
	60	2,3				1	7	15	27	41	93,3	J
	70	2,3				3	11	19	29	49	113,3	K
	80	2,2				5	14	23	33	52	129,3	L
42	10										4,2	D
	15	3,7							2	4	9,7	E
	20	3,3						1	4	7	15,3	F
	25	3,3						3	5	14	25,3	G
	30	3,0					2	5	8	22	38,0	G
	40	2,7				1	3	8	16	31	61,7	G
	50	2,7				2	6	13	24	37	84,7	H
	60	2,7				4	9	17	29	46	104,7	K
	70	2,7				7	13	22	31	51	126,7	K
	80	2,3			2	10	15	26	38	84	177,3	L
45	10	4,2								2	6,2	E
	15	3,8							3	5	11,8	E
	20	3,7						3	4	10	20,7	F
	25	3,3					2	3	6	17	31,3	G
	30	3,3					3	5	10	25	46,3	G
	40	3,0				2	5	9	18	34	71,0	H
	50	3,0				5	7	15	27	41	98,0	K
	60	2,7			2	6	12	20	29	50	121,7	K

48	10	4,5								4	8,5	E
	15	3,8						1	4	5	13,8	F
	20	3,7					1	3	5	13	25,7	F
	25	3,7					3	4	8	21	39,7	G
	30	3,3				2	3	6	13	28	56,3	G
	40	3,0			1	3	6	12	22	34	81,0	H
	50	3,0			2	6	9	16	29	45	110,0	K
	60	3,0			4	8	14	23	31	52	135,0	K
51	10	4,5							1	4	9,5	E
	15	4,2						2	4	7	17,2	F
	20	3,8					2	4	5	15	29,8	G
	25	3,7				1	4	5	9	25	47,7	G
	30	3,7				3	4	7	15	30	62,7	G
	40	3,3			2	5	7	13	25	38	93,3	J
	50	3,0		1	4	7	12	19	29	49	124,0	K
54	10	4,8							2	5	11,8	E
	15	4,5						3	4	8	19,5	F
	20	4,2					3	4	6	18	35,2	G
	25	3,8				3	3	6	12	27	54,8	G
	30	3,7			2	3	5	8	17	32	70,7	G
	40	3,3		1	3	5	9	15	27	41	104,3	K
	50	3,3		2	5	8	14	22	29	52	135,3	K
57	10	5,2							3	5	13,2	E
	15	4,5					1	4	4	11	24,5	F
	20	4,2				2	3	4	8	22	43,2	G
	25	3,8			1	3	4	6	15	29	61,8	G
	30	3,8			3	3	6	9	20	33	77,8	H
	40	3,7		3	3	6	10	16	29	45	115,7	K
	50	3,3	1	4	6	9	15	24	34	52	148,3	K

60	10	5,2						1	4	5	15,2	E
	15	4,8					2	4	5	13	28,8	F
	20	4,5				3	3	5	9	25	49,5	G
	25	4,2			2	4	4	8	16	31	69,2	H
	30	3,8		2	3	4	6	12	22	35	88,8	J
	40	3,7	1	3	5	7	12	19	29	48	127,7	K
	45	3,7	2	4	5	9	14	23	32	52	144,7	L
63	10	5,3						2	4	6	17,3	F
	15	4,8				1	3	4	6	15	33,8	G
	20	4,5			1	3	4	6	11	27	56,5	G
	25	4,2		1	3	3	6	8	18	33	76,2	H
	30	4,2		3	3	5	7	14	24	38	98,2	J
	40	3,8	3	3	5	8	13	22	29	51	137,8	L
	45	3,8	4	4	7	10	15	25	35	56	159,8	L

Anexa 5

Tabel de decompresie cu aer pentru scufundări la altitudine **BÜ - 1 500**
(altitudine 701...1 500 m)

Adâncime (m)	Durata scufundării (min)	Timp de ridicare la primul palier (min)	Paliere (min)							Durata ridicării (min)	Grupa succesivă
			18 m	15 m	12 m	9 m	6 m	4 m	2 m		
9	180									1,0	G
12	90	1,0								1.2	G
	100	1,0							2	3,0	G
	110	1,0							6	7,0	G
	120	1,0							10	11,0	G
	130	1,0							13	14,0	G
	140	1,0							15	16,0	G
	150	1,0							17	18,0	H
15	63									1,5	F
	70	1,2							4	5,2	G
	80	1,2							9	10,2	G
	90	1,2							15	16,2	G
	100	1,2							20	21,2	G
	110	1,2							24	25,2	G
	120	1,2							27	28,2	H

18	43									1,8	F
	50	1,7							2	3,7	F
	60	1,7							9	10,7	G
	70	1,7							17	18,7	G
	80	1,7							24	25,7	G
	90	1,3						3	27	31,3	G
	100	1,3						5	30	36,3	H
	110	1,3						9	31	41,3	H
	120	1,3						13	33	47,3	H
21	30									2,2	F
	40	1,8							3	4,8	F
	50	1,8							11	12,8	G
	60	1,7						1	20	22,7	G
	70	1,7						5	25	31,7	G
	80	1,7						9	29	39,7	H
	90	1,7						14	30	45,7	H
	100	1,5					6	17	32	56,5	H
	110	1,5					6	19	36	62,5	H
24	25									2,3	E
	30	2,2							3	5,2	E
	40	2,0						1	9	12,0	F
	50	2,0						3	18	23,0	G
	60	2,0						8	25	35,0	G
	70	1,8					2	12	29	44,8	H
	80	1,8					6	15	30	52,8	H
	90	1,8					10	18	34	63,8	H
	100	1,5				2	12	20	39	74,5	H

27	18									2,3	E
	25	2,5							3	5,5	E
	30	2,3						1	5	8,3	F
	40	2,3						3	14	19,3	G
	50	2,2					2	7	24	35,2	G
	60	2,2					5	11	29	47,2	G
	70	1,8				1	9	15	30	56,8	H
	80	1,8				4	11	19	35	70,8	H
	90	1,8				8	14	20	40	83,8	J
30	16									3.0	E
	20	2,8							3	5,8	E
	25	2,7						1	5	8,7	F
	30	2,7						3	8	13,7	F
	40	2,3					2	6	19	29,3	G
	50	2,2				1	5	10	27	45,2	G
	60	2,2				3	9	14	30	58,2	H
	70	2,2				7	11	19	35	74,2	H
	80	2,2				12	14	80	41	89,2	J
33	14									3,3	E
	20	2,8						1	4	7,8	E
	25	2,7					1	3	6	12,7	F
	30	2,7					2	4	12	20,7	G
	40	2,3				2	4	7	24	39,2	G
	50	2,3				4	7	12	30	55,3	H
	60	2,3				7	11	19	35	71,3	H
	70	2,2				12	14	80	41	91,2	J
36	11									3,7	D
	15	3,3							4	7,3	E
	20	3,2						3	5	11,2	F
	25	3,0					2	3	10	18,0	G
	30	2,7				2	3	4	16	27,7	G
	40	2,7				4	5	11	26	48,7	G
	50	2,3			1	8	10	15	30	66,3	H
	60	2,3			4	12	12	20	38	88,3	J

39	10									3,8	D
	15	3,5						1	4	8,5	E
	20	3,3					2	3	6	14,3	F
	25	3,0				2	3	3	13	24,0	G
	30	3,0				3	4	6	20	36,0	G
	40	2,7			2	6	6	12	30	58,7	H
	50	2,7			5	9	11	18	34	79,7	H
	55	2,7			6	12	13	18	40	91,7	J
42	15	3,8						3	4	10,8	F
	20	3,3				1	3	3	8	18,3	G
	25	3,3				3	3	5	16	30,3	G
	30	3,0			2	4	4	8	24	45,0	G
	40	2,7		1	3	8	9	14	30	67,7	H
	50	2,7		2	6	13	14	20	38	95,7	J
45	10	4,3							3	7,3	D
	15	3,8					2	3	4	12,8	F
	20	3,7				3	3	4	12	25,7	F
	25	3,3			2	3	4	6	20	38,3	G
	30	3,3			3	5	5	10	27	53,3	G
	40	3,0		2	5	9	11	16	31	77,0	H
48	10	4,3						1	4	9,3	D
	15	3,8				1	2	3	6	15,8	F
	20	3,7			1	3	3	4	15	29,7	G
	25	3,7			3	4	4	8	23	45,7	G
	30	3,3		2	3	6	6	12	29	61,3	H
	40	3,3	1	3	6	11	12	19	35	90,0	J
51	10	4,7						2	4	10,7	E
	15	4,2				2	3	3	7	19,2	G
	20	3,8			2	4	4	5	17	35,8	G
	25	3,7		1	4	5	5	9	26	53,7	H
	30	3,7		3	4	7	8	13	30	68,7	H
	40	3,3	2	5	7	13	14	19	39	102,3	L

54	10	4,8					1	3	4	10,8	E
	15	4,5				3	3	3	10	23,5	G
	20	4,2			3	4	4	6	21	42,2	G
	25	3,8		3	3	6	6	11	28	60,8	H
	30	3,7	2	3	5	8	10	15	31	77,7	H
	35	3,7	3	4	6	12	12	20	36	96,7	

Anexa 6

Tabel **A - BÜ**

Modificarea "grupei succesive" funcţie de intervalul la suprafaţă (amestec respirator aer)

Grupa succesivă la sfârşitul intervalului la suprafaţă											
L	**K**	**J**	**H**	**G**	**F**	**E**	**D**	**C**	**B**	**A**	**"O"**
L	2,6	4	5	6,6	8,8	10	11,6	13,3	16,6	20	48
	K	2	2,5	3,5	4,5	5,5	7,0	8,0	9,3	11	34
		J	0,7	1,1	1,5	2	2,6	3,5	5,0	7,0	24
			H	0,5	0,7	1	1,5	2,5	3,0	4,3	17
				G	0,4	0,7	1	1,2	1,6	2,1	12
					F	0,3	0,5	0,7	1,2	1,5	8
						E	0,1	0,2	0,4	0,7	4
							D	0,1	0,2	0,5	3
								C	0,1	0,4	3
									B	0,3	2
										A	2

Notă: intervalul la suprafaţă este exprimat

Anexa 7

Tabel **B - BÜ**

Timpul de majorare a duratei scufundării succesive

Gr.	**Adâncimea scufundării succesive (m)**																	
	9	**12**	**15**	**18**	**21**	**24**	**27**	**30**	**33**	**36**	**39**	**42**	**45**	**48**	**51**	**54**	**57**	**60**
L	450	300	240	180	160	140	120	110	100	90	80	75	75	65	60	60	55	50
K	430	270	200	150	100	100	90	75	70	65	55	55	50	50	45	40	40	40
J	410	220	150	100	80	75	70	60	65	50	40	40	40	40	35	35	30	30
H	300	150	100	90	75	60	55	50	50	45	35	35	30	25	25	25	20	20
G	145	115	80	65	55	45	40	35	30	25	25	23	23	20	20	18	15	15
F	115	100	75	60	50	40	35	30	25	23	20	18	17	16	15	14	13	12
E	90	75	45	40	35	30	25	23	22	20	18	16	14	12	11	10	10	10
D	70	50	35	30	25	23	20	18	17	16	15	14	12	10	9	8	7	6
C	45	30	25	20	20	20	18	16	14	12	10	10	9	8	7	7	6	5
B	30	25	20	18	15	12	10	10	9	8	7	7	6	6	5	5	5	5
A	20	18	15	14	12	10	9	7	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5

Notă: timpul de majorare este exprimat în **minute**

Anexa 8

Posibilităţi de zbor cu avionul sau cu elicopterul după efectuarea unei scufundări

Ţinând cont de faptul că, după revenirea la presiunea atmosferică, ţesuturile organismului continuă să se desatureze, un zbor cu avionul sau cu elicoterul imediat după scufundare poate provoca apariţia unui accident de decompresie. Pentru a se evita acest lucru, se recomandă respectarea următoarelor reguli:

Ultima scufundare	După cât timp se poate zbura
Scufundare la o adâncime de peste 51 m	12 ore
Scufundare cu ridicare în balon (blow-up) şi decompresie terapeutică	12 ore
Scufundare în grupa A*	4 ore
Scufundare în grupa B*	6 ore
Scufundare în grupa C*	8 ore

* Grupele A, B şi C sunt prezentate în tabelul de mai jos

Adâncime (m)	Timpul petrecut în imersie (minute)		
	Grupa A	Grupa B	Grupa C
15	70	80	90
18	60	70	80
21	50	60	70
24	40	50	60
27	30	40	50
30	25	30	40
33	20	25	30
36	15	20	30
39	10	15	25
42	10	15	25
45	5	10	20
48	5	10	15
51	0	5	10

În cazul în care scafandrul a suferit un accident de scufundare ce necesită transportarea lui de urgenţă la un centru hiperbar specializat în tratarea accidentului, trebuie avut grijă ca timpul de deplasare să fie de maxim o oră iar altitudinea să nu depăşească 900 m, pentru a nu agrava accidentul.

Anexa 9

Accidentele scufundării autonome cu aer comprimat

Grupul de accidente	Tipul accidentului
Accidente fizico-mecanice (barotraumatisme)	• La coborâre: - placajul vizorului - barotraumatismele sinusurilor - barotraumatismele urechii medii - barotraumatismele dinţilor • La urcare: - barotraumatismele sinusurilor - barotraumatismele urechii medii - barotraumatisme ledinţilor - colicile scafandrilor - suprapresiunea pulmonară
Accidente biofizice (accidente de decompresie)	• Accidente cutanate • Accidente osteo-artro-musculare (benduri) • Accidente neurologice • Accidente cu manifestări ORL (vestibulare) • Tulburări respiratorii
Accidente biochimice (accidente toxice)	• Azot: - Narcoza azotului (beţia adîncurilor) • Oxigen: - Hiperoxia (efectele Lorrain Smith şi Paul Bert) - Hipoxia şi anoxia (lipsa de oxigen) • Bioxid de carbon: - Hipercapnia
Alte accidente de scufundare	• Hipotermia • Înecul

Anexa 10

Accidente fizico-mecanice (barotraumatisme)

Tipul accidentului		Cauze (**C**), Simptome (**S**), Măsuri (**M**), Prevenire (**P**)
Placajul vizorului	**C**	- Creşterea presiunii la coborâre - Geamul vizorului atinge nasul; interiorul vizorului este în depresiune; efect de ventuză
	S	- Leziuni oculare şi nazale • *În apă*: - tulburări de vedere; durere; hemoragie oculară sau nazală • *La revenirea din apă* : - ochi roşu; tulburări de vedere; curgeri de sânge din nas
	M	- Atunci când curge sânge din nas, se suflă nasul, iar apoi se comprimă nările cu capul aplecat înainte, sprijinit pe stern. - Trebuie consultat un medic generalist, ORL sau oftalmolog.
	P	- **Se va sufla, prin nas, aer în vizor, pe tot timpul coborârii**
Barotraumatismele sinusurilor	**C**	Orificiu înfundat : • *La coborâre* : Sinusul în depresiune, efect de ventuză asupra mucoasei • *La urcare* : Aerul nu poate ieşi din sinus şi apasă pe perete (mai rar)
	S	- Dureri violente; curgeri de sânge din nas - Senzaţie de dureri dentare (sinus maxilar), lăcrimare
	M	- Se va consulta un medic ORL **- Nu se va forța niciodată**
	P	• *La coborâre* Dacă apar dureri, se va urca un pic, se va scoate masca, se suflă nasul şi se încearcă din nou • *La urcare* : Se va coborâ din nou cu mai mulşi metri şi se va urca foarte lent
Barotraumatismele urechii medii	**C**	• *La coborâre* : Dacă trompa lui Eustache este înfundată : - Apariția unei diferențe între presiunea internă (–) cea externă (+) şi a unei deformații a timpanului →spargerea timpanului. • *La urcare* : Dacă trompa lui Eustache este înfundată : - Invers ca la coborâre: Interior (+) exterior (–) • *La adâncimea de lucru* : Dacă conductul auditiv extern este înfundat (ex. cu un dop introdus în conductul auditiv şi se produce deschiderea trompei lui Eustache (prin deglutiție):
	S	- Creştere bruscă de presiune → explozia timpanului - Durere uşoară, apoi din ce în ce mai violentă - Trosnete în ureche senzație de frig; Amețeală; Sincopă • *La suprafață* : Dacă se efectuează manevra Valsalva apare un şuierat al aerului expirat prin ureche; dacă se introduce o ţigaretă în conductul auditiv extern, aceasta se înroşeşte
	M	- Trebuie consultat un medic ORL
	P	**- Trebuie asigurată o bună echilibrare fără a forța** **- Se preferă manevrele Frenzel sau DTV (Deschidere Tubară Voluntară) manevrei Valsalva** **- Este interzisă utilizarea dopurilor de vată** • *La coborâre* : - Trebuie echilibrat înainte de apariția celei mai mici dureri; după aceea va fi imposibil sau foarte greu - La nevoie, se va urca puțin cu capul în sus - În cazul unor dificultăți frecvente, se va coborâ lent, cu capul în sus, picioarele fiind primele; Manevre posibile, în ordinea preferinței: DTV,Frenzel,Valsalva. În cazul imposibilității echilibrării, se va urca la suprafață • *La urcare* : La cea mai mică durere, se va coborâ câțiva metri şi apoi se va urca lent. Manevra posibilă: Toynbee; niciodată Valsalva • *Înainte de scufundare* : Nu se vor introduce dopuri în conductul auditiv (vată etc.).

		La nevoie se va găuri cagula
Barotraumatismele dinților	C S M P	• *La coborâre :* - Cavitatea aflată în depresiune, la fel ca la vizor şi sinus (foarte rar) - Zdrobirea pulpei • *La urcare :* - Aerul din cavitate se dilată deoarece nu poate fi evacuat - Presiunea puternică exercitată asupra peretelui intern poate provoca explozia dintelui şi să antreneze sincopa. - Posibilitatea formării de bule de azot în cavitatea pulpară: este o formă de accident de decompresie - Dureri dentare violente - Trebuie consultat un stomatolog - Eventual o recompresie în barocameră • *Înainte de scufundare* : - **Efectuarea unui examen buco-dentar** • *La coborâre* : **- La cea mai mică durere: trebuie urcat la suprafață şi anulată scufundarea** • *La urcare* : **- La cea mai mică durere: trebuie coborât câțiva metri, apoi se va efectua o urcare lentă**
Colicile scafandrilor (intestinele şi stomacul)	C S M P	- Aer înghițit în stomac; Fermentare alimentară în timpul scufundării • *La urcare* : dilatarea gazelor; Dorința de evacuare a gazelor fără a putea - Dureri abdominale - Trebuie încercată evacuarea gazelor din stomac pe cale bucală şi din intestine, pe cale rectală; Trebuie consultat un medic - La nevoie se va efectua o recompresie în barocameră - **Înainte de scufundare nu trebuie consumate băuturi gazoase** - Trebuie evitată deglutiția pentru echilibrarea urechilor, deoarece aceasta conduce şi la înghițirea de aer - La nevoie, trebuie evacuate gazele în timpul scufundării
Suprapresiunea pulmonară	C S M P	- Blocarea expirației la urcare - Aerul se dilată provocând explozia alveolelor pulmonare - Blocarea expirației poate fi datorată:blocajului glotei, spasmelor (anxietate,efort,etc), malfomațiilor anatomice sau fiziologice, crizei de astm, emfizemului, blocării detentorului etc. - Durere toracică; Spută rozacee; Torax dilatat (emfizem subcutanat) - Diferite forme de paralizie (fără paraplegie) - Crize de tip epileptic; Stare de şoc ; Sincopă. Moarte - Oxigen normobar; Încălzire şi reconfortare - Transport de urgență către un centru de recompresie - **Expirație în timpul urcării, mai ales între 10 metri şi suprafață**

Anexa 11

Accidente biofizice (accidente de decompresie)

Tipul accidentului		Cauze (**C**), Simptome (**S**), Măsuri (**M**), Prevenire (**P**)
Accidente de decompresie	**C**	În timpul scufundării, cantitatea de azot dizolvată creşte în funcţie de tipul ţesutului • *La urcare* : - Azotul reia starea gazoasă îndată ce se realizează suprasaturaţia: mici bule eliminate prin sânge şi respiraţie (microbule circulante) - Dacă urcarea este rapidă, bulele se măresc înaitea schimbului pulmonar→ → blocarea circulaţiei sanguine (embolie gazoasă) - Dacă în timpul urcării se efectuează manevra Valsalva sau se umflă vesta de salvare cu gura: hiperpresiune pulmonară, superioară presiunii microbulelor care nu pot traversa peretele alveolar. Ele se întorc în circulaţia sanguină. Presiunea ambiantă scăzând, bulele îşi măresc volumul → blocarea circulaţiei sanguine - Dacă se depăşeşte suprasaturaţia critică: degajare necontrolată, bule mari → blocarea circulaţiei, agravată prin creşterea bulelor la urcare până la transfomarea lor în dopuri gazoase în vasele sanguine - Orice blocare a circulaţiei sanguine provoacă o anoxie a celulelor aflate în aval
	S	Depind de ţesuturile atinse şi apar între momentul ieşirii din apă şi după 6 ore • Accidente cutanate: mâncărimi ale pielii: - Benigne, dar pot anunţa un accident neurologic Sunt întâlnite mai ales la scafandrii cu costume etanşe sau la cei aflaţi în barocamere (respiraţie cutanată) • Accidente osteo-artro-musculare (benduri): o durere chinuitoare într-o articulaţie sau membru, din ce în ce mai acută • Accidente neurologice: atingerea unui centru nervos: Oboseală generală, paloare, angoasă; Dureri violente la nivelul omoplaţilor sau a vertebrelor lombare; Furnicături în membre, mai adesea în picioare; Imposibilitatea de a urina Pierderea simţurilor (auz, văz) şi a vorbirii; Paralizii: monoplegie, hemiplegie, cvadriplegie, paraplegie; Sincopă şi moarte • Accidente cu manifestări ORL (vestibulare): Ameţeli, greţuri, audiţie dificilă sau imposibilă; Datorate unei degajări în urechea internă (centrul audiţiei şi echilibrului) • Tulburări respiratorii: Insuficienţă respiratorie acută, datorată degajării în artera pulmonară sau în una din ramurile sale
	M	- Se va aşeza corpul scafandrului în poziţie înclintă (~30), cu capul în jos - Se va şterge corpul, se va încălzi şi se va liniăti scafandrul - Oxigenoterapie normobară: 8 ... 10 l/min la inhalaţie, 12l/min la insuflare - Dacă scafandrul este conştient, se va administra 0,5 g aspirină neefervescentă, iar după 30 min. încă 0,5 g - Se va da scafandrului să bea 1 până la 2 litri de apă dulce - Se va avea griă, dacă este posibil, ca accidentatul să urineze - Accidentatul nu va fi recomprimat în apă nici într-o barocameră monoloc - Se va transporta scafandrul de urgenţă la un centru de recompresie (barocameră) - Se vor nota în două exemplare toate datele scufundării: adâncime, durată, efort, viteză de urcare, paliere efectuate, ora de ieşire, ora de apariţi şi natura simptomelor, ajutorul acordat
	P	Legată de factorii de dizolvare - Trebuie respectată viteza de urcare (15 m/min); Nu se vor schimba tabelele între 2 scufundări - Nu se va efectua manevra Valsalva nici la urcare, nici la palier - Se va evita efortul excesiv în timpul scufundării precum şi după scufundare - Nu se vor face scufundări în apnee după o scufundare cu butelie - Nu se va zbura cu avionul sau elicopterul decât după 12 ore de la terminarea scufundării - Nu se vor efectua scufundări în caz de oboseală fizcă sau psihică sau sub tratament medical - Trebuie cunoscut centrul de recompresie cel mai apropiat

Anexa 12

Accidente biochimice (accidente toxice)

Tipul accidentului		Cauze (**C**), Simptome (**S**), Măsuri (**M**), Prevenire (**P**)
Accidente biochimice datorate azotului (narcoza azotului)	**C** **S** **M** **P**	- Încă puțin cunoscute. Narcoza azotului apare la adâncimi variabile funcție de individ şi de tipul de activitate desfăşurată - Factor agravant: creşterea presiunii parțiale a bioxidului de carbon, p_{CO_2} - Senzație de euforie, de anxietate sau agresivitate. Accentuarea dialogului interior - Dificultate sau imposibilitate de a citi ceasul sau profundimetrul - Comportament irațional; Pierderea cunoştinței - Va fi scăzută presiunea parțială a zotului, p_{N_2}, prin urcarea cu circa zece metri. - Dacă simptomele au dispărut, se va continua scufundarea fără să se coboare la o adâncime mai mare sau se va urca la suprafață - Se vor trata consecințele (spre exemplu înecul) - Nu se vor efectua scufundări prea adânci dacă scafandrul este obosit sau anxios - Scafandrul se va observa pe el şi îi va observa pe coechipieri - O bună cunoaştere a limitelor care nu vor fi depăşite fără a fi însoțit de un scafandru experimentat: Limitele frecvente de scufundare: 35 ... 40 m pentru scafandrii tineri şi 60 m pentru scafandrii experimentați
Accidente biochimice datorate oxigenului	 **C** **S** **M** **P** **C** **S** **M** **P** **C** **S** **M** **P**	A. Hiperoxia A.1. Efectul Lorrain Smith - Presiunea parțială a oxigenului p_{O_2} > 0,5 bar (sc. abs.). pe o durată de peste 2 ore - Fața roz; Jenă respiratorie; Tuse; Arsuri alveolare; Edem pulmonar - Scăderea presiunii parțiale a oxigenului p_{O_2}; Tratament medical - Niciodată p_{O_2} > 0,5 bar (sc. abs.) pe o durată mai mare de 2 ore A.2. Efectul Paul Bert - Oxigen pur: p_{O_2} > 1,7 bar (sc. abs.); amestec (aer comprimat): p_{O_2} > 2 bar (sc. abs.) sau p_{O_2} > 1,7 bar (sc. abs.) conform medicilor specialişti - Fața roz; Vedere dublă, reducerea câmpului vizual; Contracții musculare, crampe - Criză de tip epileptic; Pierderea cunoştinței - Scăderea p_{O_2}; Tratament medical - Condție fizică bună; Presiunea parțială a oxigenului să nu depăşească limita admisă (p_{O_2} < 1,7 bar (sc. abs.) B. Hipoxia - Presiunea parțială a oxigenului p_{O_2} < 0,17 bar (sc. abs.) - Accelerarea ritmului respirator; Tahicardie; Halucinații - Pierderea cunoştinței; Colaps; Stop respirator; Stop cardiac - Dacă presiunea parțială a oxigenului p_{O_2} scade brusc, se produce pierderea cunoştinței, fără semne de avertizare - Creşterea p_{O_2}; Oxigenoterapie - Presiunea parțială a oxigenului să nu fie mai mică decât limita admisă: p_{O_2} > 0,17 bar (sc. abs.)

Accidente biochimice datorate bioxidului de carbon (hipercapnia)	**C**	- Creşterea presiunii paţiale a bioxidului de carbon (p_{CO_2} > 45 mmHg) în sângele arterial • *Exogene* : - Aer respirat, Echipament; Creşterea spaţiului mort (tubul de respirat) • *Endogene* : - Producere excesivă de CO_2 de către organism: frig, efort etc. Consecinţe în scufundare: - Gâfâială (dispnee); Favorizează narcoza şi accidentul de decompresie
	S	- Accelerarea ritmului respirator; Ventilarea superficială; Dureri de cap - Transpiraţie, zgomote, greaţă; Sincopă • *În scufundare* : Idem plus: anxietate, comportament iraţional: scoaterea piesei bucale → înec
	M	• *În apă*: - Se vor întrerupe eforturile; Se va alerta un coechipier (prin lovirea buteliei); Se va trage rezerva; Se vor face expiraţii profunde - Se va urca fără labele de înot (vestă de salvare asistat de un coechipier) - Simptomele vor dispare la atingerea unei adâncimi de cca 15 m • *Dacă apar dureri de cap după revenirea la suprafaţă:* Se va face o ventilare bună - La nevoie, se va respira oxigen normobar; Se va evita soarele
	P	- Pentru scufundarea următoare: o ventilare bună - *La adâncime*: nu se va face apnee, se vor face expiraţii forţate • *Echipament*: - Aer bun în butelie; Robinetul bine deschis - Detentorul bine reglat; Deschiderea rezervei la timp - Utilizarea costumului de scufundare; Tubul de respirat nu prea lung • *Scafandrul:* - Nu va fi niciodată singur; Nu va efectua eforturi excesive; - Va realiza o bună ventilare. Apnei expiratorii de control (3 sau 4 secunde) din timp în timp; O bună condiţie fizică şi psihică. O bună tehnicitate - Nu va efectua scufundarea dacă va constata un început de gâfâială la suprafaţă

Anexa 13

Alte accidente de scufundare

Tipul accidentului		Cauze (**C**), Simptome (**S**), Măsuri (**M**), Prevenire (**P**)
Hipotermia	**C** **S** **M** **P**	**-** Pierderi de căldură importante: apă rece, protecție insuficientă, oboseală fiziă, alimentație rău echilibrată - Piele de găină; Crampe, Tremur, Scăderea abilității, Iritabilitate - Creşterea ritmului cardiac şi respirator → risc de gâfâială şi de accident de decompresie; Aritmie cardiacă, săderea tensiunii arteriale; - Rigiditate musculară, înțepenire; Sincopă → moarte • *În apă*: - Se va face semnul de urcare şi se va urca în straturi de apă mai caldă sau la suprafață • *După ieşirea din apă*: - Scafandrul se va usca şi se va încălzi fără frecționare (cuvertură, la adăpost de vânt); Va bea băuturi calde îndulcite (fără alcool). Se va preveni starea de şoc ; Se va inhala oxigen; La nevoie se va face duă sau baie caldă(45°C) - Regim alimentar: 4 500 ... 5 500 calorii/zi - Înainte de scufundare în apă rece: zahăr şi vitaminele B şi C şi o bună formă fizică - Nu se va rămâne mult timp în apă rece - Se vor utiliza veşminte izoterme bine ajustate, fără pliuri şi fără pungi de aer, cu cagulă separată, fără închideri permeabile, fără găuri, la nevoie mănuşi, cizmulițe din neopren; Se va urcala timp - În apă foarte rece: costum etanş cu subveşmânt cald
Înecul	**C** **S** **M**	• *Înec primar:* Stângăcie; Deficiențe de echipament; Oboseală; Lipsă de tehnicitate - Inhibiție psihică (panică); Agitație la suprafață; Apnee reflexă în imersie; Inspirație: pătrundere de apă; Convulsii; Inspirație profundă - Stop respirator, accelerare cardiacă; Stop cardiac Stări succesive: a. Moarte aparentă: Fără respirație • Inima bate, tensiunea arterială slabă • Grav, dar reversibil b. Moarte clinică: Fibrilație cardiacă urmată de oprirea inimii • Foarte grav, reversibil dar cu sechele neurologice importante dacă oprirea circulației este mai mare de 3 minute c. Moarte reală: Stop cardiac de mai multe minute • Scăderea temperaturii • Anoxia trunchiului cerebral; • Ireversibil • *Înec secundar*: pierderea cunoştinței sau sincopă declanşând inundarea căilor aeriene; - Pierderea cunoştinței şi coborâre la fund • Stop respirator şi bradicardie • Hipercapnie • Inhalare de apă • Trei stări succesive (idem înec primar) - Pierderea cunoştinței ; Pierderea cunoştinței şi stop respirator - Pierderea cunoştinței şi stop cardiac • *Înec primar:* - Individ cianozat (înecat albastru) • *Înec secundar:* - Individ palid (înecat alb) Trebuie acționat rapid; şanse de supraviețuire: - 95%, după 1 minut; - 75%, după 3 minute; -25%, după 6 minute; - 3%, după 8 minute - **Se va scoate înecatul din apă; Se va face un bilanț rapid; Se va solicita asistență medicală; Prim ajutor** - Nu se va încălzi accidentatul (hipotermia este un antidot al anoxiei cerebrale) • Individul este inconştient dar respiră:

	P	- Se va desface costumul izoterm - Se va evacua apa dacă este nevoie; Poziție laterală stabilă - Inhalare de oxigen: 8 l/min. (adult); - Supraveghere • Lipsa respirației: - Drenare de poziție, apoi se va aşeza accidentatul pe o suprafață plană, cu capul în jos. Se va desface costumul izoterm; - Eliberarea Căilor Aeriene Superioare (E.C.A.): curățire, capul uşor pe spate - Se va efectua respirație Gură la Gură (G.L.G.): ~ 15 insuflări pe minut - Se continuă cu insuflări de oxigen: 12l /min. (adult) • Lipsa ventilării şi a circulației sanguine - Drenarea de poziție, apoi se aşează accidentatul pe plan înclinat, cu capul în jos - Se va desface costumul izoterm; - E.C.A. - Se vor ridica brusc picioarele apoi se repun la orizontală. Se verifică dacă inima şi-a reluat funcționarea - 4 G.L.G.: puternice şi rapide; - 10 Masaje Cardiace Externe (M.C.E.) (~1 M.C.E./sec.) - 2 G.L.G.; - 10 M.C.E.; - 2 G.L.G. etc - Când este posibil se vor înlocui G.L.G. prin insuflări de oxigen: 12 l/min. (adult) - Se vor controla efectele (pulsul femural). Dacă inima îşi reia funcționarea se vor opri M.C.E. - **Nu se va efectua niciodată Masaj Cardiac Extern pe o inimă care bate** - Echipament în foarte bună stare; Purtarea unui costum izoterm - Purtarea unei centuri detaşabile şi a unei veste de salvare - Bună acomodare cu mediul acvatic; Bună tehnicitate - Antrenamente regulate; **Nu se va scufunda niciodată singur** - Atenție la factorii care conduc la înec: gâfâiala, narcoza, panica - Vizită medicală cel puțin odată pe an

Anexa 14

Accidentele scufundării libere (în apnee)

Accidente comune cu scufundarea autonomă cu aer comprimat		
a) Accidente fizico-mecanice (barotraumatisme): • Urechi; Sinusuri; Vizor; Dinți b) Accidente biofizice (accidente de decompresie): • Rare dar posibile pentru scufundări la adâncime şi repetate • Risc considerabil, dacă se efectuează o scufundare liberă după o scufundare cu butelii c) Accidente biochimice (accidente toxice): • Gâfâiala la suprafață, favorizată de respirația prin tubul de respirat; Hipercapnie d) Alte accidente de scufundare: Hipotermia; Cauzele, simptomele, măsurile şi prevenirea sunt aceleaşi ca cele prezentate în cadrul accidentelor scufundărilor autonome cu aer comprimat.		
Accidente specifice scufundării libere		
Tipul accidentului	Cauze (**C**), Simptome (**S**), Măsuri (**M**), Prevenire (**P**)	
Hipercapnia şi înecul	**C**	- Pregătire necorespunzătoare a scufundării în apnee - Efort muscular important - Creşterea importantă a tensiunii bioxidului de carbon dizolvat în țesuturi şi sânge → inspirație reflexă → înec
	S	- Senzație de indispoziție; Amețeală
	M	• *În apă*: - Urcare către suprafață înainte de a apare nevoia de a inspira • *În caz de accident* : - Salvareşi reanimare
	P	- Pregătire bună a scufundării în apnee; Cunoaşterea limitelor proprii - Scufundare sub supraveghere
Hipoxia şi sincopa de 7 metri	**C**	- Hiperventilație excesivă → scăderea anormală a concentrației de bioxid de carbon - Dispariția nevoii de inspirație: concentrație insuficientă de oxigen în țesuturi → → sincopa de adâncime - Dacă urcarea are loc înainte de sincopă, scade tensiunea oxigenului (Dalton) - Fața ridicată către suprafață → conpresia cefei → irigare insuficientă - Anoxia centrilor nervoşi
	S	• *În timpul urcării şi uneori chiar după ajungerea la suprafață*: fie pierdere de cunoştință, fie sincopă • *La adâncime*: - Senzație de bine, euforie • *La urcare* : - Atitudine anormală: palmare excesiv de lentă, fără semne la suprafață, fără un tur de orizont
	M	- Salvare şi reanimare
	P	- Nu se va efectua o hiperventilare excesivă; Trebuie cunoscute propriile limitele - Scufundarea trebuie efectuată sub supraveghere inclusiv în ecundele de după ieşirea la suprafață • *La urcare*: - Nu trebuie ridicat capul către suprafață, cu excepția ultimilor 3 metri - Cagula nu trebuie să strângă tare gâtul; - Scufundătorul nu trebuie să fie prea lestat.

Surmenajul cardiac	C	- Apnei lungi şi repetate; Timpi de repaus insuficienţi
		- Accelerări bruşte cardiace (hiperventilare) şi încetiniri (în apnee)
		- Variaţii de temperatură: sângele afluează către interior la fiecare scădere de temperatură
	S	- Oboseală; Indispoziţie; Sincopă
	M	- Salvare şi reanimare
		- Formă fizică bună
	P	- Timpi de repaus suficienţi între două scufundări în apnee: cel puţin 2 ... 3 minute
Edemul pulmonar acut	C	- La adâncimi mai mari de 30 m, aparatul respirator va fi în depresiune
		- Sângele atras în alveolele pulmonare → edem pulmonar
	S	- Senzaţie de gol interior; Scuipare cu sânge; Durere toracică puternică; Sincopă
	M	- Transport urgent către spital; Inhalare de oxigen
	P	- Cunoaşterea limitelor proprii

Anexa 15

Adrese ale unor instituţii care au în dotare barocamere

1. **Centrul de Scafandri Constanţa**, Bulevardul 1 Mai, nr. 2, Constanţa.
2. **Întreprinderea Electrocentrale Drobeta Turnu-Severin**, Porţile de Fier I, Comuna Halânga.
3. **Întreprinderea Electrocentrale Râmnicu-Vâlcea**, str. Fabricii nr. 3.
4. **Firma TETHYS-PRO SRL**, Constanţa.
5. **Firma ONACVA SRL**, Constanţa.

Bibliografie

1. Altman, G. – *L'ecole de plongéepar l'imge*. Ed. Denoël, Paris, 1978.
2. Bennett, P.B. – *Inert gas narcosis. The Physiology and Medicine of Diving and Compressed Air Work. Ed. Bennett & D.H. Elliott.* Bailliere Tindall and Cassell, London, 1969.
3. Berry, Y., Gavarry, P., Hubert, J.P., Le Chuiton, J., Parc, J.– *La plongée et l'intervention sous la mer*. Ed. Arthaud, Paris, 1978.
4. Brideron, S.– *La plongée sous marine*. Ed. Maritimes et d'Outre-Mer, Paris, 1971.
5. Bühlmann, A.A.– *Decompression. Decompression Sickness*. Springer Verlag, Berlin, 1984.
6. Bühlmann, A.A.– *Untersuchungen zur Dekompression bei erniedrigtem Luftdruck*. Schweizerische Medizinische Wochenschrift, nr. 114, 1984.
7. Cayford, J.E.– *Underwater Work*. Ed. Cornell Maritime Press, Centreville, Maryland, 1982.
8. Cousteau, J.Y., Dumas, F.– *Lumea Tăcerii*. Ed. Ştiinţifică, Bucureşti, 1963.
9. Decei, P.– *Lacuri de munte. Drumeţie şi pescuit*. Ed. Sport-Turism, Bucureşti, 1981.
10. Degeratu, M.– *Studiu privind gazodinamica unui sistem cu injecţie masică constantă pentru amestecuri binare*. Ed. UTCB, Bucureşti, 1986.
11. Degeratu, M., Petru, A., Beiu, V.– *Computer-aided simulation of theoretical processes in binary and ternary mixtures of hyperbaric systems used in deep diving*. Chemical Abstracts, American Chemical Society, Columbus, Ohio, 1986.
12. Degeratu, M.- *Modelarea matematică a proceselor gazodinamice specifice aparatelor de scufundare cu circuit* . Ed. UTCB, Bucureşti, 1989.
13. Dinu, D., Vlad, C.– *Scafandri şi vehicule subacvatice*. Ed. Ştiinţifică şi Enciclopedică , Bucureşti,1986.
14. Fructus, X., Sciarli, R.L.– *La plongée- santé et securit*é. Ed. Maritimes et d'Outre-Mer, Paris,1980.
15. Groza, P.– *Fiziologie uman*ă. Ed. Medicală, Bucureşti, 1980.
16. Iamandi, C., Petrescu, V., Sandu, L., Damian, R., Anton, A., Degeratu, M.– *Hidraulica instalaţiilor*. Ed. Tehnică, Bucureşti, 1985.
17. Ioniţă, S. – *Recorduri de scufundare*. Rev. Marea Noastră nr. 17, Constanţa, 1995.
18. Kenny, J.E.– *Business of Diving*. Ed. Book Division Gulf Publishing, Houston, Texas, 1972.
19. Larn, R., Whistler, R.– *Commercial Diving Manual*. Ed. David & Charles Newton Abbot, London,1984.
20. Lascu, C., Şerban, S.– *Peşteri scufundate*. Ed. Academiei R.S.R., Bucureşti, 1987.
21. Lefterescu, M.– *Sportul subacvatic*. Ed. U.C.F.S., Bucureşti, 1964.
22. Manoleli D., Nalbant T.–*Viaţa în Marea Neagră*. Ed. Ştiinţifică şi Enciclopedică, Bucureşti, 1976
23. Molle, Ph. – *Plongée- loisir en securité*. *Nouvelles Tables, nouvelles régles*. Rev. Oceans nr. 183, France, 1989.
24. Molle, Ph.– *Enseigner et organiser la plongée*. Ed. Amphora S.A., Paris, 1992.
25. Năstăsescu, Gh.– *Omul sub apă şi la altitudine*. Ed. Ştiinţifică şi enciclopedică, Bucureşti, 1980.

26. Pastuch, O.– *Condițiile de viață ale omului sub ap*ă. Probleme actuale de biologie, vol III, Sub red. E.A. Pora,
Ed. Didactică şi Pedagogică Bucureşti, 1978.
27. Petru, A.– *Tabele de scufundare cu aer, până 60 m adâncime*. Centrul de Scafandri Constanța, Constanța, 1982.
28. Petru, A.– *Preocupări actuale pentru creşterea randamentului scufundărilor de sistem şi autonome*. Buletinul Marinei Militare,
nr. 2, Ed. CMM, Constanța, 1984.
29. Petru, A., Beiu, V., Degeratu, M.– *Optimizarea amestecurilor respiratorii în scufundările autonome*. A X-a Sesiune de
Comunicări Ştiințifice a Institutului de Marină "Mircea cel Bătrân", Constanța, 1986.
30. Petru, A.– *Aparate de respirat sub apă*. Buletinul Tehnica Militară nr. 3, Bucureşti, 1988.
31. Petru, A.– *Aparate de respirat sub apă cu circuit deschis, cu debit la cerere*. Buletinul Tehnica Militară nr. 4, Bucureşti, 1988.
32. Petru, A.– *Tabele de scufundare cu decompresie la suprafață*. Centrul de Scafandri Constanța,1990.
33. Petru, A., Badiu, G.– *Incidența accidentelor de decompresie în scufundările autonome cu aer*. Analele Facultății
de Medicină, Universitatea Ovidius, Constanța, 1992.
34. Petru, A., Degeratu, M., Ioniță, S.– *Ghidul scafandrului autonom*. Ed. Olimp-Press, Bucureşti, 1992.
35. Petru, A.– *Hidraulica proceselor hiperbare*. Teză de doctorat, Universitatea Tehnică de Construcții Bucureşti, 1993.
36. Poulet, G., Barincou, R.– *La plongée- connaissance et technique*. Ed. Deno, Paris, 1970.
37. Scarlat, C. – *Itinerare subacvatice la Istru şi Pontul Euxin*. Ed. Sport-Turism, Bucureşti, 1988.
38. Sciarli, R. – *Reflection sur les tables de plongée utilisées par les sportifs*. Schweiz. Ztschr. Sportmed. 37, 1989.
39. Ştefan, I., Petru, A.– *Rezultate obținute în experimentarea şi aplicarea unor tehnologii de pătrudere sub apă*. A IV-a Sesiune
de comunicări Ştiințifice, "Ingineria, tehnologia şi medicina scufundării", Centrul de Scafandri Constanța, 1989.
40. Vann, R.D.– *Decompression theory and applications*. The Physiology and Medicine of Diving. 3-th edition.
Ed. P.B. Bennett & D.H. Elliott, Bailliere Tindal and Cassel, London, 1982.
41. Vlad, C., Dinu, D.– *Intervenții subacvatice*. Ed. Tehnică, Bucureşti, 1982.
42. Workman, R.D.– *American decompression tables and practice. The Physiology and Medicine of Diving and Compresed Air Work*.
Ed. P.B. Bennett & D.H. Elliott, Bailliere Tindal and Cassel, London, 1969
43. Yarbough, R.R.– *Calculation of decompression tables*. Research report. U.S. Navy Experimental Diving Unit, Washington D.C., 1937.
44. ***– *U.S. Navy Diving Manual*. U.S. Government Printing Office, Washington, 1972.
45. ***– *The NOAA Diving Manual*. Diving for Science and Technology. U.S. Government Printing Office, Washington, 1975.
46. ***– *C.M.A.S.: Annuaire international de monde sous-marin*. Ed. Aquatica, Prilly-Lausanne,1978-1979.
47. ***– *U.S. Navy DiverHandbook*. Best Publishing Company.

48. ***– *Open Water Sport Diver Manual*. Jeppensen Sanderson Inc., Colorado, USA, 1984.
49. ***– *PADI Advanced Diver Manual*. U.S.A., 1984.
50. ***– *ISCIR, Prescripții tehnice C 5 - 98*, Bucureşti, 1999.
51. ***– *Norme privind organizarea şi desfăşurarea activităților de scufundare*. Centrul de scafandri Constanța, Constanța, 1990.

Periodice

1. *Apnéa*. Groupe Sofimav, Toulouse, Franța.
2. *Aquanaut*. VIP Media Verlag, Elveția.
3. *L' Aventure sous-marine*. J.A. Foex, Paris, Franța.
4. *Chasse submarine*. Coral Editiones S.L. Valencia, Spania.
5. *Diver*. Eaton Publications, Middlesex, Anglia.
6. Marea Neagră, Liga Navală Română, Constanța.
7. *Océans*. S.A.R.L. Oceans, Toulouse, Franța.
8. *Plongeurs international*. CIP Press, Choisy-le-Roi, Franța.
9. *Skin Diver*. Peterson Publishing Co. Los Angeles, S.U.A.
10. *Underwater*. Sea Australia Productions Ltd. Caringbah, Australia.

Sursele figurilor:
Open Water Sport Diving Manual, - Jeppensen Sanderson Inc., Colorado, USA, 1984.
Fig. 1.1; Fig. 1.4; Fig. 1.6; Fig. 1.7; Fig. 1.10; Fig. 1.12; Fig. 1.13; Fig. 1.14; Fig. 1.18; Fig. 1.28;
Fig. 2.3; Fig. 2.4; Fig. 2.12; Fig. 2.17; Fig. 2.18; Fig. 2.19; Fig. 2.20; Fig. 2.21; Fig. 2.43.
Fig. 3.7; Fig. 3.8.; Fig. 4.3; Fig. 4.14; Fig. 6.9.
L' ecole de plongée par l' image. Altman, G. – Ed. Deno, Paris, 1978.
Fig. 1.11; Fig. 1.17; Fig. 1.23; Fig. 1.29; Fig. 1.30; Fig. 1.31; Fig. 2.5; Fig. 2.14; Fig. 2.23...2.29;
Fig. 2.40; Fig. 2.41; Fig. 2.42; Fig. 2.45; Fig. 4.7; Fig. 4.8; Fig. 4.9; Fig. 5.4.
Enseigner et organiser la plongée, Molle, Ph.– Ed. Amphora S.A., Paris, 1992.
Fig. 6.1; Fig. 6.3; Fig. 6.5; Fig. 6.6.
Grupul de Explorări Speologice şi Scufundări (GESS): Fig. 8.3

Prospecte ale firmelor: Apollo, Balzer, Bauer, Cavalero, Cressi-Sub, Dacor, Dräger, Hugyfot, Ikelite, Scubapro, Seeman Sub, Sherwood, Spirotechnique, Technisub, US Diver, Uwatec.